



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS EXATAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MODELAGEM EM CIÊNCIAS DA
TERRA E DO AMBIENTE – PPGM**

MONISE DA SILVA PEREIRA

**GEOQUÍMICA E ESPACIALIZAÇÃO DE METAIS EM SEDIMENTOS NO
ESTUÁRIO DO RIO SERINHAÉM, BAHIA – BRASIL**

**FEIRA DE SANTANA – BAHIA
ABRIL DE 2016**

MONISE DA SILVA PEREIRA

**GEOQUÍMICA E ESPACIALIZAÇÃO DE METAIS EM SEDIMENTOS NO
ESTUÁRIO DO RIO SERINHAÉM, BAHIA – BRASIL**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Modelagem e Ciências da Terra e do Meio Ambiente do Departamento de Ciências Exatas da Universidade Estadual de Feira de Santana, como requisito para obtenção do grau de mestre.
Orientador: Prof. Dr. Paulo de Tarso Amorim Castro.
Coorientadores: Prof^a. Dra. Marjorie Cseko Nolasco e Prof^a. Dra. Taíse Bomfim de Jesus.

**FEIRA DE SANTANA – BAHIA
ABRIL DE 2016**

Dedico a Deus, aos meus pais, irmãos, familiares, e amigos que de muitas formas me incentivaram e ajudaram para que fosse possível a concretização desta pesquisa.

O homem é ao mesmo tempo obra e construtor do meio ambiente que o cerca, o qual lhe dá sustento material e lhe oferece oportunidade para desenvolver-se intelectual, moral, social e espiritualmente. Em larga e tortuosa evolução da raça humana neste planeta chegou-se a uma etapa em que, graças à rápida aceleração da ciência e da tecnologia, o homem adquiriu o poder de transformar, de inúmeras maneiras e em uma escala sem precedentes, tudo que o cerca. Os dois aspectos do meio ambiente humano, o natural e o artificial, são essenciais para o bem-estar do homem e para o gozo dos direitos humanos fundamentais, inclusive o direito à vida mesma.

(Declaração de Estocolmo 1972).

APRESENTAÇÃO

Este trabalho faz parte do convênio, iniciado em 2011, entre a Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS), e a Organização para Conservação de Terras no Baixo Sul da Bahia (OCT), através do Programa de Biodiversidade da APA do Pratigi. Esse programa é composto por oito subprojetos, cujo os estudos são financiados pela empresa Odebrecht.

RESUMO

Este estudo objetivou quantificar e espacializar os elementos químicos Cobre (Cu), Zinco (Zn), Níquel (Ni), Chumbo (Pb), Cádmio (Cd), Arsênio (As), Cromo (Cr), Estanho (Sn), Ferro (Fe), Manganês (Mn), Alumínio (Al), Berílio (Be), Bário (Ba), Lítio (Li), Cobalto (Co) e Vanádio (V), em sedimentos superficiais do estuário do rio Serinhaém. Para a quantificação foi utilizado a Espectrometria de Emissão Óptica por Plasma Acoplado Indutivamente – ICP/OES. Observou-se que, de forma geral, nenhum dos elementos químicos ultrapassa os valores limítrofes referenciais brasileiros, indicando a qualidade das águas do estuário. Além disso, as atividades antrópicas desenvolvidas ao longo da bacia de drenagem parecem não afetar a dinâmica ambiental do estuário do rio Serinhaém, não demonstrando riscos à saúde humana ou ao ambiente de forma ampla. Ressalta-se que a maioria dos elementos quantificados demonstrou, com a espacialização, um decréscimo da concentração em direção à foz do estuário, ou seja, concentrando-se a montante, logo após o ponto de descarga fluvial. Quando comparado a outros ambientes estuarinos o estuário do rio Serinhaém apresentou concentrações baixas, destacando as maiores concentrações para os elementos químicos Al, Fe e Mn que são elementos encontrados em altas concentrações na litologia da bacia do estuário do rio Serinhaém. Com relação à concentração granulométrica, o 1º segmento apresentou a maior concentração de elementos químicos (Fe, Al, Co, Cr, Ni, V, Zn, Mn e Cu), visto que devido à presença de áreas de manguezais, ilhas fluviais se tornam uma barreira de retenção de sedimentos, e a presença de pequenos tributários ajuda no transporte de sedimentos que se acumulam nessa região.

Palavras-chave: Espacialização, Geoquímica, Baixas concentrações, Valores de referências.

ABSTRACT

This study aimed to quantify and spatialise the chemical elements copper (Cu), zinc (Zn), nickel (Ni), lead (Pb), cadmium (Cd), arsenic (As), chromium (Cr), tin (Sn), iron (Fe), manganese (Mn), aluminium (Al), beryllium (Be), barium (Ba), lithium (Li), cobalt (Co) and vanadium (V) in surface sediments of the Serinahém river estuary. For quantification Inductively Coupled Plasma- Optical Emission Spectrometry (ICP/OES) was used. It was observed that, in general, the chemicals do not exceed the limitrophe Brazilian reference values, indicating the quality of the estuary waters. Moreover, anthropogenic activities along the drainage basin did not seem to affect the environmental dynamics of the Serinahém river estuary, not demonstrating risks to human health or the environment. It is noteworthy that most of the quantified elements showed, with spatialization, a decrease in concentration toward the mouth of the estuary, concentrating upstream, after the river discharge point. When compared to other estuarine environments the Serinahém river estuary showed low concentrations, highlighting the higher concentrations for the chemical elements Al, Fe and Mn, that are elements found in high concentrations in the lithology of the estuary basin. With respect to the particle size concentration, the first segment showed the highest concentration of chemical elements (Fe, Al, Co, Cr, Ni, V, Zn, Mn e Cu), since, due to the presence of mangrove areas, river islands become sediment retention barriers and the presence of small tributaries help in the transport of sediments that accumulate in this region.

Keywords: Specialization, Biochemistry, Low concentrations, Reference values.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Localização da APA do Pratigi e seus municípios, com destaque para o estuário do rio Serinhaém Bahia – Brasil	16
Figura 2: Divisão Administrativa da APA do Pratigi em Ecopolos	17
Figura 3: Mapa de cobertura e do uso do solo no Ecopolo III. Visualização correspondente a (A) ano de 1991; (B) ano de 2000; e (C) ano de 2010	19
Figura 4: Mapa de localização da bacia hidrográfica do Recôncavo Sul, com destaque para sua principal sub-bacia correspondendo, a do rio Juliana	21
Figura 5: Mapa geológico da Bacia do Recôncavo Sul com destaque para sub- bacia do rio Juliana	22
Figura 6: Falha geológica denominada Maragogipe-Ituberá representada pela cachoeira da Pancada Grande, marco superficial da divisão entre a planície costeira e o embasamento cristalino no município de Ituberá, Bahia	23
Figura 7: Diferença no processo de deposição de sedimentos, onde podemos observar areia, argila, cascalho e restos de conchas	34
Figura 8: Distribuição dos pontos de coletas ao longo do estuário do Serinhaém ..	39
Figura 9: Fluxograma descritivo do preparo das amostras, da coleta a leitura no equipamento ICP-OES	40
Figura 10: Concentração de elementos químicos em sedimentos do estuário do rio Serinhaém BA – Brasil. A) Fe, B) Al, em ordem decrescente de quantificação	45
Figura 11: Concentração de elementos químicos em sedimentos do estuário do rio Serinhaém BA – Brasil. A) Cu, B) Li, em ordem decrescente de detecção	46
Figura 12: Concentração de elementos químicos em sedimentos do estuário do rio Serinhaém BA – Brasil. E) V e F) Cr, em ordem decrescente de quantificação	47
Figura 13: Concentração de elementos químicos em sedimentos do estuário do rio Serinhaém BA – Brasil. G) Ba e H) Co, em ordem decrescente de quantificação ...	48
Figura 14: Concentração de elementos químicos em sedimentos do estuário do rio Serinhaém BA – Brasil. I) Ni	49
Figura 15: Limite de detecção de elementos químicos em sedimentos do estuário do rio Serinhaém BA – Brasil. A) Cu, B) Li, em ordem decrescente de quantificação ..	50
Figura 16: Limite de detecção de elementos químicos em sedimentos do estuário do rio Serinhaém BA – Brasil. C) As, D) Sn, em ordem decrescente de quantificação	51

Figura 17: Limite de detecção de elementos químicos em sedimentos do estuário do rio Serinhaém BA – Brasil. E) Pb	52
Figura 18: Modelos de distribuição espacial em sedimentos do estuário do rio Serinhaém, BA – Brasil. A) Al, B) Cr	53
Figura 19: Modelos de distribuição espacial em sedimentos do estuário do rio Serinhaém, BA – Brasil. C) Ba, D) V	54
Figura 20: Modelos de distribuição espacial em sedimentos do estuário do rio Serinhaém, BA – Brasil. E) Fe, F) Mn	55
Figura 21: Modelos de distribuição espacial em sedimentos do estuário do rio Serinhaém, BA – Brasil.G) Zn	56
Figura 22: Mapa de distribuição dos pontos e segmentos de coleta	57
Figura 23: Distribuição da fração lama, comparada com a concentração dos elementos As, Ba, Co, Cr, Cu, Li, Ni, V, Pb e Zn ao longo dos perfis	58
Figura 24: Distribuição da fração lama, comparada com a concentração dos elementos Al, Mn e Fe ao longo dos perfis	59

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Composição mineralógica das rochas presentes na bacia do rio Juliana e seu entorno, baixo Sul da Bahia - Brasil	24
Tabela 2: Estudos realizados sobre hidrodinâmica e caracterização de ambientes estuarinos no Brasil e no mundo	25
Tabela 3: Fatores que contribuem na dinâmica do estuário do rio Serinhaém, Bahia - Brasil	28
Tabela 4: Estudos desenvolvidos no Brasil e em outros países que quantificaram as concentrações de elementos químicos em sedimentos estuarinos	31
Tabela 5: Principais rios que deságuam no estuário do rio Serinhaém, Bahia – Brasil	37
Tabela 6: Limite de detecção (LOD) e limite de quantificação (LQM) dos elementos químico	41
Tabela 7: Concentrações médias e desvio padrão para os elementos químicos analisados no estuário do rio Serinhaém - Ba - Brasil	43
Tabela 8: Concentrações dos elementos químicos em sedimentos do estuário do rio Serinhaém BA – Brasil com destaque para os valores máximos, mínimos LQM e CONAMA 344/ 2004	57
Tabela 9: Comparativo de estuários tropicais e temperados, destacando-se as áreas que possuem interferência humana e áreas com pouca interferência	61

LISTA DE SIGLAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas
Al - Alumínio
APA - Área de Proteção Ambiental
As - Arsênio
BA - Bahia
Ba - Bário
Be - Berílio
BR - Brasil
CAPES - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoas de Nível Superior
Cd - Cádmiio
CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental
Co - Cobalto
CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente
CPRM - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
Cr - Cromo
Cu - Cobre
EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Fe - Ferro
IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICP - OES - Espectrometria de Emissão Atômica por Plasma Acoplado Indutivamente
LABOTEC - Laboratório de Tecnologia da Universidade Estadual de Feira de Santana
LEA - Laboratório de Estudos Ambientais da Universidade Estadual de Feira de Santana
LGCA - Laboratório de Geoquímica e Catálise Ambiental da Universidade Estadual de Feira de Santana
Li - Lítio

MDA - Ministério do Desenvolvimento Agrário

mg/L - miligramas/Litro

MMA - Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal

Mn - Manganês

Ni - Níquel

OCT - Organização e Conservação de Terras do Baixo Sul

OSCIP - Organização da Sociedade Civil de Interesse Público

Pb - Chumbo

SciELO - Scientific Electronic Library Online

Sn - Estanho

UEFS - Universidade Estadual de Feira de Santana

UFBA - Universidade Federal da Bahia

UFOP - Universidade Federal de Ouro Preto

V - Vanádio

Zn - Zinco

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 OBJETIVOS	15
2.1 GERAL	15
2.2 ESPECÍFICOS	15
3 ÁREA DE ESTUDO	16
3.1 USOS E OCUPAÇÃO DO SOLO AO LONGO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO JULIANA	18
3.2 CLIMA	20
3.3 HIDROGRAFIA	20
3.4 ROCHAS E SOLOS DA BACIA HIDROGRÁFICA	21
4 REFERENCIAL TEÓRICO	25
4.1 AMBIENTES ESTUARINOS	25
4.2 FATORES QUE INFLUENCIAM NA DINÂMICA DO ESTUÁRIO DO SERINHAÉM – BA	29
4.3 GEOQUÍMICA DOS ELEMENTOS QUÍMICOS EM SEDIMENTOS	30
5 MATERIAS E MÉTODOS	37
5.1 ÁREA DE ESTUDO	37
5.2 LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO	37
5.3 VISITA DE CAMPO	38
5.4 OBTENÇÃO DAS CONCENTRAÇÕES DE METAIS PELO ICP-OES ..	41
5.5 MODELAGEM	42
6 RESULTADOS	43
7 CONCLUSÃO	62
8 REFERÊNCIAS.....	63

1 INTRODUÇÃO

A zona costeira brasileira representa um dos maiores desafios para a gestão ambiental do nosso país nos últimos anos, devido a uma extensa faixa litorânea, com cerca de 8.500 km, e uma diversidade ecossistêmica ímpar, (BRASIL, 2015). Nos últimos anos essas áreas vêm abrigando cerca de 23,58% da população brasileira (IBGE, 2010).

Dentre os ambientes costeiros que tiveram suas áreas ocupadas pelo homem, podemos citar os estuários, que se configuram como áreas de transição entre os sistemas fluviais e os sistemas marinhos, com intensidades das correntes marinhas e marés, e com variações de energia das correntes fluviais, como indicam os trabalhos de SUGUIO (1999); GUERRA & CUNHA (2005); GENZ (2006).

Portanto, tanto as águas, como os sedimentos presentes nos estuários sofrem influências dos sistemas vizinhos e dos impactos ambientais decorrentes das modificações antrópicas locais e nas vizinhanças. Os estuários podem ser receptores de substâncias químicas biogênicas e/ou geogênicas e antropogênicas.

Alguns elementos químicos são exemplos de substâncias potencialmente tóxicas encontradas naturalmente ou que podem ser introduzidas no ambiente pela ação antrópica. Inúmeros desses elementos são considerados necessários à saúde humana e de outros organismos em pequenas concentrações, e em grandes quantidades podem causar problemas a saúde dos seres vivos (AZEVEDO & CHASIN, 2003). Muitos deles possuem, por sua vez, um elevado nível de reatividade e são bioacumuláveis, ou seja, dispõem de alta capacidade de desencadear reações químicas que não são metabolizados pelos seres vivos, acumulando-se em seus organismos (SIEGEL, 2002).

A região de estudo encontra-se inserida em uma Área de Proteção Ambiental denominada Pratigi, localizado no baixo Sul da Bahia entre os municípios de Ituberá e Igrapiúna. Essa área quando comparada às outras áreas litorâneas do estado da Bahia apresenta um índice de povoamento baixo, ausência de complexos turísticos, atividades petrolíferas entre outros. Portanto, configura-se como um importante ambiente para ser avaliado em relação à qualidade e quantidade dos elementos químicos em compartimentos ambientais com fim de estabelecimento do background a referida região.

O presente trabalho foi concebido com o intuito de gerar um referencial para trabalhos posteriores, visto que até o momento não foi relatada na literatura uma análise aprofundada da geoquímica dos sedimentos do estuário do Serinhaém, Bahia - Brasil.

2 OBJETIVOS

2.1 Geral

Avaliar a distribuição da concentração de elementos químicos nos sedimentos superficiais do estuário do rio Serinhaém, Bahia – Brasil, com perspectiva de obter valores de *background* geoquímico.

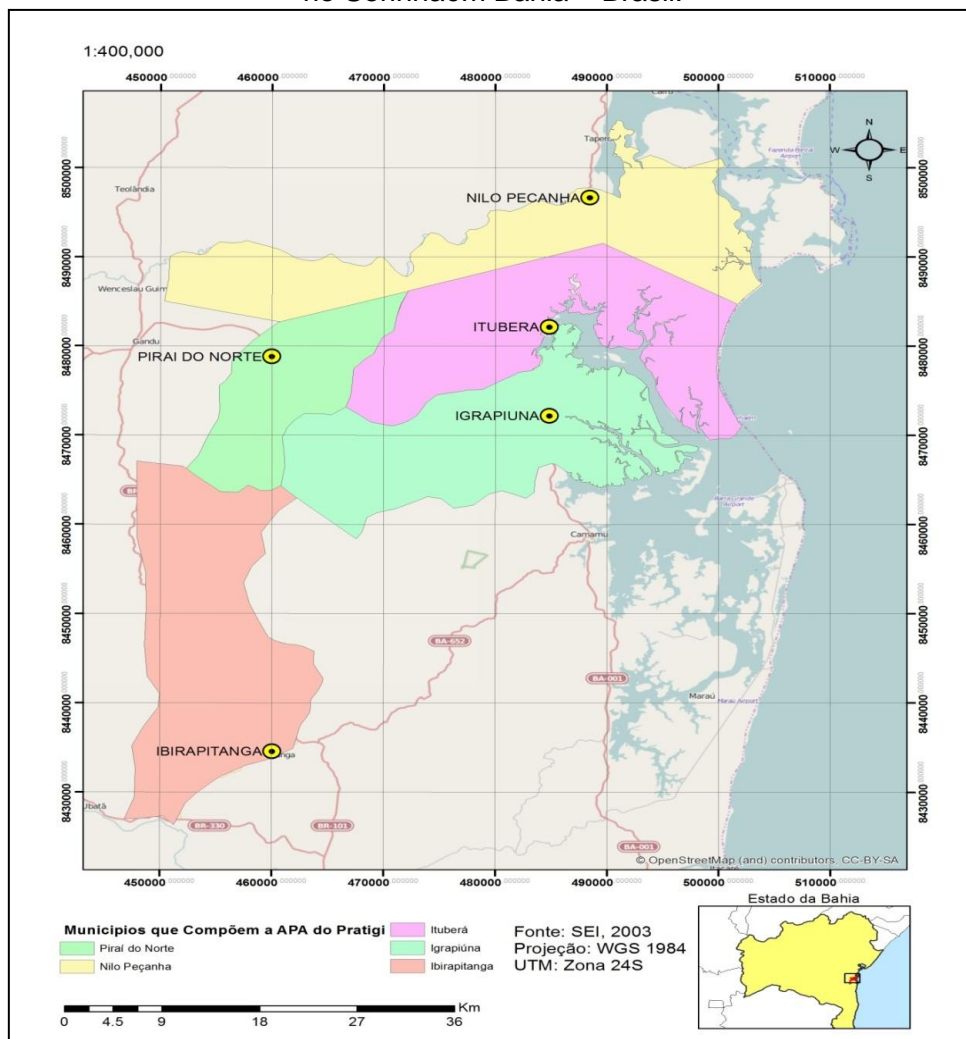
2.2 Específicos

- Determinar as concentrações dos elementos químicos Al, As, Ba, Be, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Li, Mn, Ni, Pb, Sn, V e Zn nos sedimentos superficiais do estuário do Serinhaém, Bahia – Brasil;
- Comparar as concentrações dos elementos químicos estudados nos sedimentos superficiais com a legislação ambiental CONAMA 344/2004 e outros trabalhos em estuários brasileiros;
- Espacializar a distribuição dos teores de cada elemento químico analisado.

3 ÁREA DE ESTUDO

O estuário do rio Serinhaém, Bahia - Brasil está localizado no Baixo Sul da Bahia, inserido na Área de Proteção Ambiental (APA) do Pratigi. A APA do Pratigi é uma unidade de conservação de uso sustentável criada em 02 de abril de 1998, através do decreto estadual de nº 7.272, com o intuito de preservar a biodiversidade local, com área total 85.686 de extensão. A APA se estende por cinco municípios: Igrapiúna, Ituberá, Pirai do Norte, Ibirapitanga e Nilo Peçanha, estando o estuário localizado entre os municípios de Ituberá e Igrapiúna. Na figura abaixo pode ser observada a localização da APA do Pratigi com destaque para o estuário do Serinhaém, Bahia - Brasil (Figura 1).

Figura 1: Localização da APA do Pratigi e seus municípios, com destaque para o estuário do rio Serinhaém Bahia – Brasil.



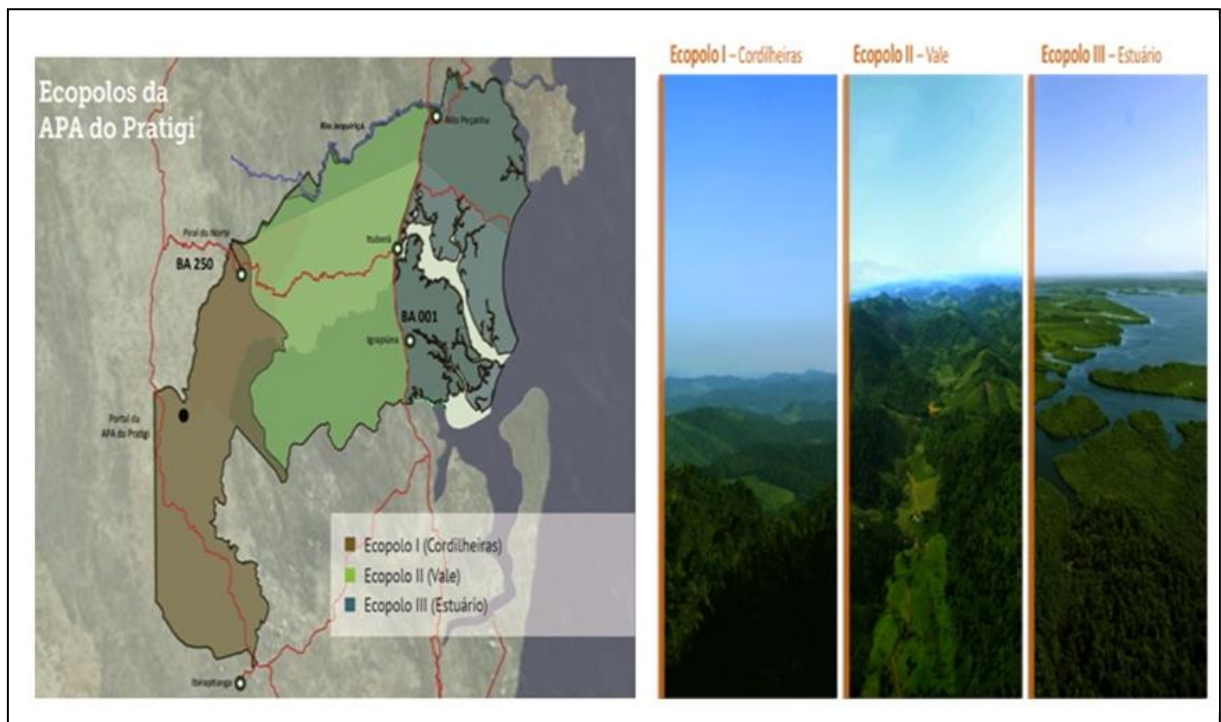
Fonte: SEI (2003).

Trata-se de uma região que apresenta remanescentes de florestas, manguezais e restingas, que por sua vez tem uma composição vegetal bem diversificada e que atrai espécies terrestres e aquáticas para se reproduzir. Segundo Rocha:

Corredor central da Mata Atlântica torna-se estratégico no sentido da conservação desse bioma, uma vez que comporta, dentro dos seus limites, uma área remanescente de floresta de 35.686 ha, que é um dos principais remanescentes florestais do Estado (manguezais e restingas também são encontrados associados aos fragmentos de floresta ombrófila do litoral). (ROCHA 2010,39).

A APA do Pratigi se divide em três Ecopolos (Figura 2), que correspondem a trechos da bacia hidrográfica.

Figura 2: Divisão Administrativa da APA do Pratigi em Ecopolos.



Fonte: OCT (2012).

O Ecopolo I, denominado cordilheiras, corresponde às nascentes e alto curso da bacia hidrográfica do rio Juliana / Serinhaém e é o berço das águas. Corresponde a região mais alta da Serra da Papuã, onde nascem também os afluentes dos rios Das Almas e De Contas. Todo esse caudal corre entre verdadeiros “mares de

morros florestados” que delimitam as zonas altas, compostas por rochas granulíticas de idade pré- cambriana.

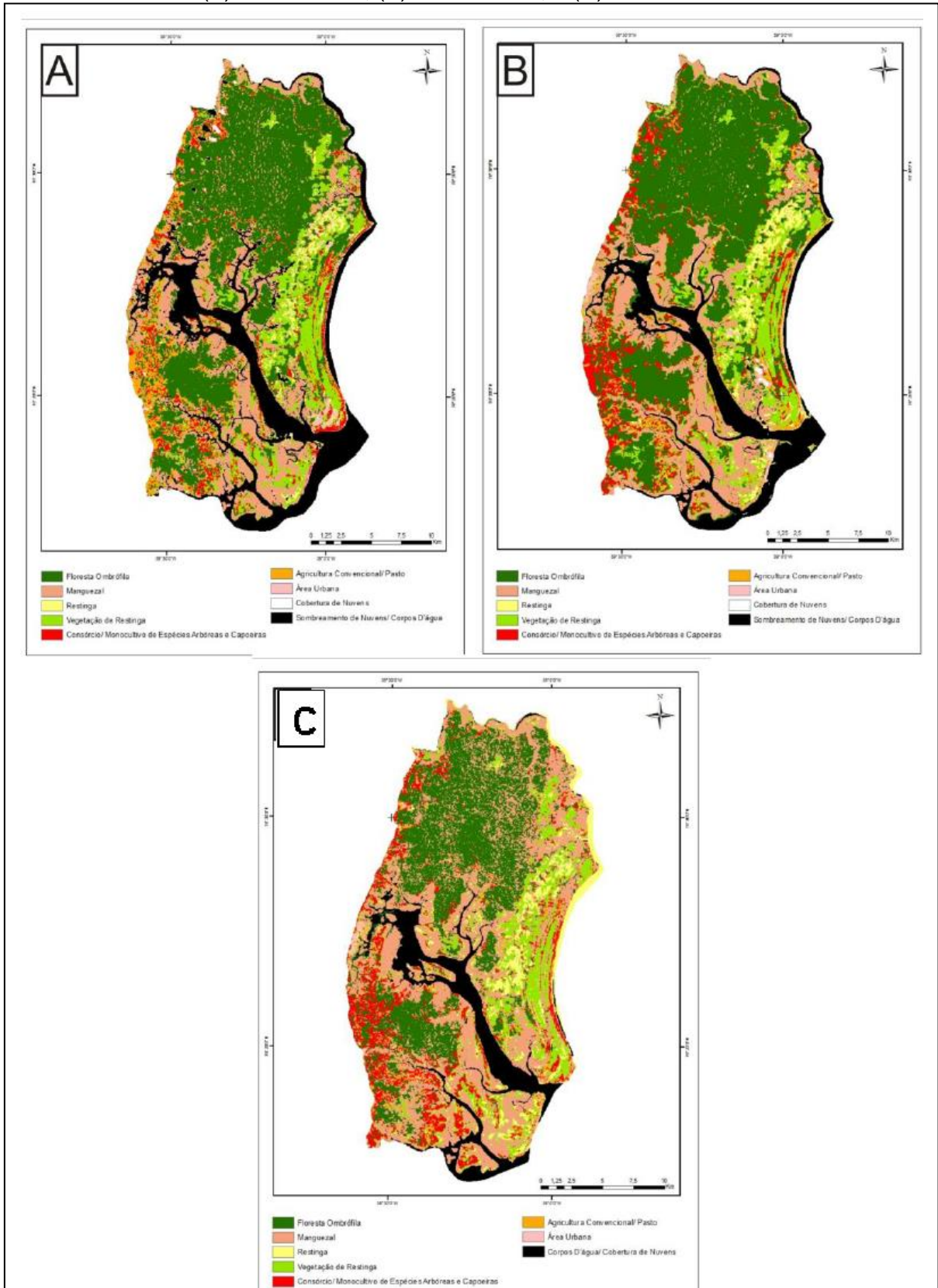
O Ecopolo II, trata-se de região de vales férteis e produtivos que abrigam as planícies formadas pelo rio Juliana e Marimbu, e compreende o médio curso da bacia hidrográfica. A paisagem é formada por um conjunto agroflorestal composto por um polo seringueiro e seu completo ciclo de produção da borracha (aqui se abre um parêntese para a presença da empresa Michelin, indústria mundial de borracha). Verifica-se ainda plantações de cacau, cravo da Índia e significativas manchas de mata conservadas, permitindo corredores ecológicos em diferentes estágios de conservação, entre as propriedades do médio Vale do rio Juliana. Esse bioma assenta - se sobre rochas constituídas de arenitos finos e conglomeráticos.

O Ecopolo III, também chamado de litorâneo, possui um dos mais extensos remanescentes florestais contínuos da Bahia, com 15.300 hectares de mata em diferentes estágios de conservação. Próximo à planície costeira, predominam estuários com restingas e manguezais. Compreende o baixo curso da bacia do rio Juliana/Serinhaém, que assenta-se sobre terrenos sedimentares arenosos do quaternário.

3.1 Usos e ocupação do solo ao longo da bacia hidrográfica do rio Juliana

O entorno da bacia hidrografia do rio Juliana possui um mosaico de uso do solo. Dentre esses usos pode-se destacar as coberturas vegetacionais e as diversas monoculturas que são desenvolvidas ao longo de seu curso. Os mapas produzidos por Gonçalves (2014), apresentados na Figura 3, mostram uma visão geral do uso e cobertura do solo ao longo da bacia hidrográfica do rio Juliana. Os mapas correspondem ao período de 1991, 2000 e 2010.

Figura 3: Mapa de cobertura e do uso do solo no Ecopolo III. Visualização correspondente a (A) ano de 1991; (B) ano de 2000; e (C) ano de 2010.



Fonte: Gonçalves (2014).

Observando a cobertura e uso do solo do Ecopolo III nos anos de 1991, 2000 e 2010, pode-se observar a presença marcante dos remanescentes de florestas em boa parte de seu curso. Assim, também verifica-se que ao longo dos anos essa vegetação foi dando espaço para áreas de restingas e consórcio de monoculturas de espécies arbóreas e capoeiras, além da presença marcante de áreas de manguezais em todo o seu entorno. Essa interpretação ajuda a compreender melhor a dinâmica dos sedimentos e dos elementos químicos analisados, estabelecendo relações com os diversos usos e coberturas do solo ao longo da área de estudo.

3.2 Clima

No Baixo Sul da Bahia, onde se encontra a região de estudo, as condições climáticas caracterizam-se por apresentar elevadas temperaturas e altos índices pluviométricos. O clima da região é o tropical chuvoso, devido à proximidade com o mar, sem estação seca, com pluviosidade média mensal superior a 600 mm e anual de 1500 mm. A umidade relativa média gira em torno de 80% a 90%, e decresce no sentido leste-oeste, à medida que aumenta a distância do litoral, caracterizando distintos tipos climáticos: úmido (Ituberá, Igrapiúna, Nilo Peçanha e Piraí do Norte) e quente e úmido (Ibirapitanga) (BRASIL, 2010).

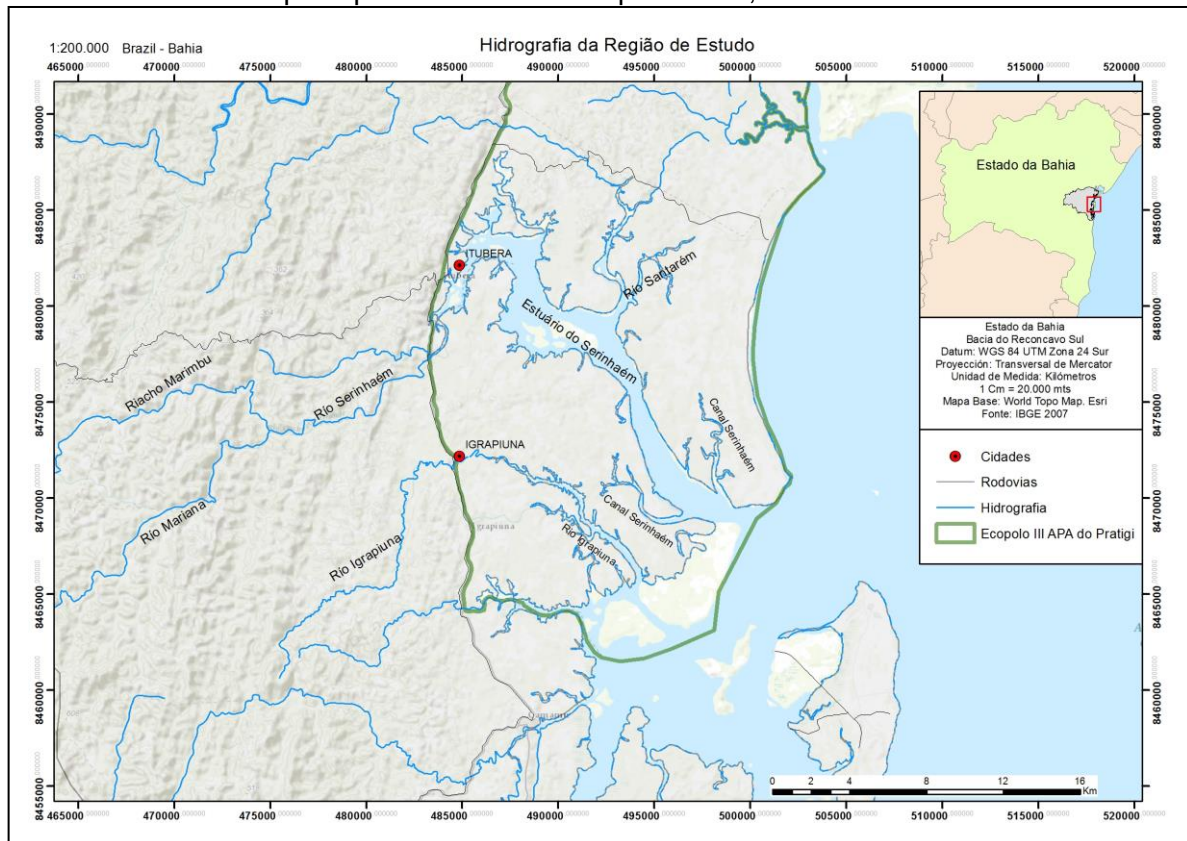
O regime pluviométrico é regular, com chuvas abundantes e bem distribuídas ao longo do ano, com médias anuais superiores a 1.750 mm, sendo os meses de março a junho os de maior pluviosidade, e os de agosto a outubro os de menor pluviosidade. No entanto, não existem meses propriamente secos nos municípios que fazem parte do Baixo Sul da Bahia (BRASIL, 2010).

3.3 Hidrografia

Do ponto de vista hidrográfico, a APA do Pratigi encontra-se inserida na bacia do Recôncavo Sul. Corta o território da APA do Pratigi, o rio Cachoeira Grande, também conhecido na região como rio Juliana visualizado na figura 4, que atravessa o território do município de Ituberá, sendo considerado o rio mais importante da APA do Pratigi, pois sua bacia hidrográfica está todo dentro da APA. O volume de água que é disponibilizado para o estuário contribui de forma significativa para o

transporte de elementos químicos, sejam naturais ou poluentes, que são retirados ou lançados em seu canal.

Figura 4: Mapa de localização da bacia hidrográfica do Recôncavo Sul, com destaque para sua principal sub-bacia correspondendo, a do rio Juliana.

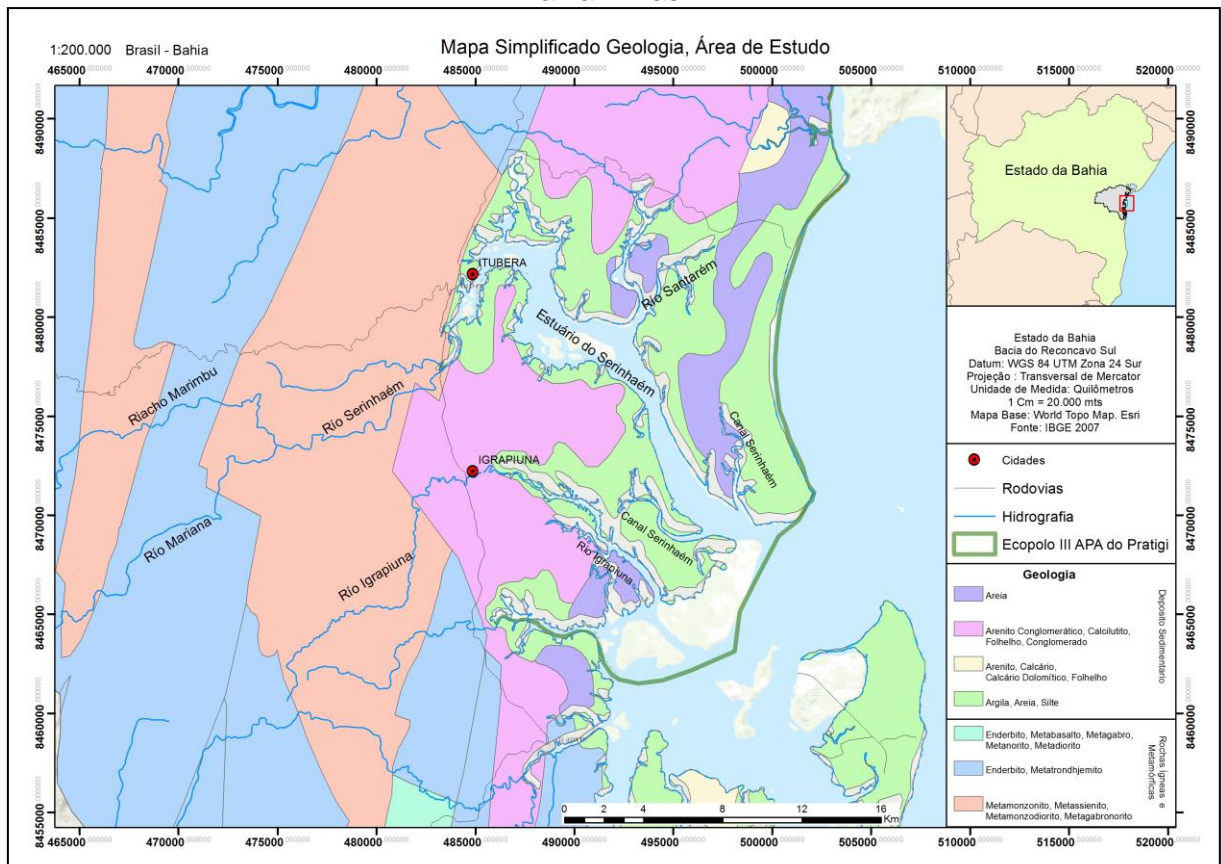


Fonte: IBGE (2007).

3.4 Rochas, solos e elementos químicos presentes na bacia hidrográfica do rio Juliana

Os solos e rochas presentes numa dada área da bacia hidrográfica são as fontes contínuas e primárias de todos os elementos químicos associados nos seus sedimentos. Sendo assim, avaliar a distribuição espacial de rochas e solos, bem como composição, configura-se como parte essencial deste trabalho (Figura 5).

Figura 5: Mapa geológico e litotipos presentes na bacia hidrográfica do Recôncavo Sul, com destaque para a sub-bacia do rio Juliana, principal afluente do estuário do Serinhaém, Bahia - Brasil.



Fonte: IBGE (2007).

Foi observada a presença de três unidades geológicas:

1) Embasamento Pré-Cambriano – situado na porção centro-sul do Orógeno Itabuna–Salvador-Curaça, de idade arqueana e paleoproterozoica, o qual se constitui em uma das mais importantes províncias de rochas granulíticas aflorantes no mundo. Os litotipos presentes nesse embasamento são constituídos essencialmente por tonalitos/dacitos, riolitos e gabros granulitizados. Essa unidade dá origem ao relevo mais alto da região que compõe a parte do alto curso e médio da bacia hidrográfica.

2) Bacia Sedimentar de Camamu – compreende os sedimentos mesozoicos do Grupo Brotas (formações Sergi e Aliança) e das formações Taipus-Mirim e Algodões que se acumularam nessa bacia sedimentar originada durante o processo de fragmentação da América do Sul e África. O contato entre o embasamento pré-cambriano e a bacia de Camamu se dá por uma ruptura de relevo que coincide com

a falha que delimita a borda ocidental dessa bacia, a qual deu origem ao estuário do Serinhaém, Bahia - Brasil.

Planície Quaternária - compreende as terras mais baixas da região, sendo constituída por depósitos quaternários (Holocênicos e Pleistocênicos) de natureza transicional que se acumularam como resultado das variações do nível relativo do mar durante o Quaternário.

Vale lembrar que na APA do Pratigi, onde se localiza o estuário do Serinhaém, Bahia – Brasil, encontra-se inserida a bacia de Camamu. Nessa bacia existe um grande alinhamento do relevo com um desnível abrupto de aproximadamente 80 metros, separando as rochas da planície costeira das rochas do embasamento, testemunho dos efeitos tectônicos e paleoclimáticos que afetaram a região. Esse alinhamento é chamado Maragogipe-Ituberá e corresponde a uma importante falha, constituindo praticamente o limite entre a bacia mesozóica do Recôncavo e as unidades pré-cambrianas do complexo Jequié, Barbosa & Dominguez (1996) e Dominguez (2010). Parte dessa falha geológica está representada na figura 6 pela cachoeira da Pancada Grande, em Ituberá – Bahia.

Figura 6: Falha geológica denominada Maragogipe-Ituberá representada pela cachoeira da Pancada Grande, marco superficial da divisão entre a planície costeira e o embasamento cristalino no município de Ituberá, Bahia.



Fonte: Pereira (2015).

A tabela 1 mostra, de forma simplificada, os tipos de rochas presentes ao longo da bacia hidrográfica do rio Juliana, bem como os minerais e elementos químicos presentes nas rochas. Vale destacar a presença do Fe, Al e Mn que são elementos abundantes nas rochas. Isso se deve a sua presença em maior concentração na crosta terrestre, sendo também denominados geoquimicamente de elementos maiores.

Tabela 1: Composição mineralógica de rochas, com ênfase para os minerais e elementos químicos presentes na sub-bacia do rio Juliana.

ROCHAS	MINERAIS	ELEMENTOS QUÍMICOS *
Arenito fino conglomerático	óxido de ferro e de silício	Fe, Al, Mn
Folhelho com calcilutito	argilominerais	Al
Charnockito	micloclinio, oligoclásio, hipertênio, augita, hornblenda, biotita e magnetita.	Al, Fe
Monzonito	cálcio, potássio, feldspato e ferromagnesiano	Al, Fe e Mn
Sienito	potássio, feldspato, plagioclásio, ferromagnesiano	Al, Fe, e Mn
Monzodiorito	Plagioclásio, feldspato potássico, biotita, hornblenda	Mn, Fe, Al e Zn, Ba, Ni, Li, V, Cu, Co e Ni
Gabronorito	plagioclásio rico em cálcio e piroxênio	Al, Mn, Fe

*Apenas dentre os elementos químicos analisados.

Fonte: Glossário Geológico (2015); Mapa Geológico da Bahia (DOMINGUEZ; CORRÊA, 2011).

4 REFERENCIAL TEÓRICO

4.1 Ambientes Estuarinos

A Zona Costeira do Brasil se estende na sua porção terrestre por mais de 8.500 km, abrangendo 17 Estados e mais de quatrocentos Municípios, distribuídos do Norte equatorial ao Sul temperado do país, permitindo assim uma ampla diversidade que inclui manguezais, recifes de corais, dunas, restingas, praias arenosas, costões rochosos, lagoas e estuários (MMA, 2015).

Dentre esses ambientes destacam-se os estuários, cujo termo tem origem da palavra latina “aestuarium”, que significa maré ou onda abrupta de grande altura, fazendo referência a um ambiente altamente dinâmico, em resposta as forçantes naturais (MIRANDA et al., 2002).

Um estuário pode ser definido de várias maneiras de acordo com o ponto de vista imediato. Entretanto, essas definições devem abranger as características e processos essenciais, bem como o contexto no qual o estuário está inserido, permitindo a aplicação de critérios adequados de classificação (DYER, 1973; 1997). Considerando os estuários como ambientes complexos e que apresentam características particulares decorrentes dos processos físico-químicos, geomorfológicos e hidrodinâmicos (FORTUNATO, 2012; SILVA, 2000). Entre alguns autores abordados, Silva (2000) fez uma revisão sobre as definições a cerca dos ambientes estuarinos propostos na literatura, bem como os respectivos sistemas utilizados para classificar esses ambientes. A tabela 2 apresenta alguns trabalhos desenvolvidos em estuários brasileiros e internacionais sobre dinâmica estuarina.

Tabela 2: Estudos realizados sobre hidrodinâmica e caracterização de ambientes estuarinos no Brasil e no mundo.

REFERÊNCIA	TÍTULO DO ESTUDO	OBJETIVOS
Lima et al. (2014).	Influência do ciclo de maré na variação dos parâmetros físico – químicos no estuário do rio Curuçá, Nordeste Paraense.	Avaliação da influência da maré na distribuição dos parâmetros físicos e químicos
Guerreiro et al.	Evolution of the hydrodynamics	Evolução da dinâmica da maré

(2014).	of the Tagus estuary (Portugal) in the 21 century.	
Schettini et al. (2014).	Distribuição longitudinal da salinidade em estuários de baixo influxo no Ceará.	Avaliação da variabilidade temporal e espacial da salinidade
Rodrigues et al. (2014).	Biodisponibilidade de metais-traços em sedimentos: Revisão.	Biodisponibilidade de metais em sedimentos: Revisão
Vargas et al. (2013).	Caracterización hidrográfica del estuário del rio Valdivia, centro-sur de Chile.	Caracterização hidrográfica e estudo da salinidade.
Asp et al. (2012).	The dynamics of a frictionally-dominated Amazonian estuary.	Análise da hidrodinâmica, morfologia e sedimentologia
Barbosa et al. (2011).	Caracterização de sedimentos recentes do estuário do rio Paraíba do Sul por MEV/ EDS.	Análise morfologia e morfometria dos sedimentos
Signorin et al. (2010).	Hidrodinâmica e nutrientes inorgânicos dissolvidos no Estuário do Rio Perequê ,Sc.	Avaliação da hidrodinâmica e nutrientes inorgânicos
Aquino et al. (2011).	Caracterização oceanográfica e do transporte de sedimentos em suspensão no estuário do rio Mampituba, Sc.	Caracterização do transporte de sedimentos em suspensão
Pereira et al. (2010).	Hidrodinâmica e transporte de material particulado em suspensão sazonal em um estuário dominado por maré: Estuário de Caravelas (BA).	Hidrodinâmica e transporte de material particulado
Abreu et al. (2010)	Hydrodynamics of the Itapocu river and the Barra Velha lagoon estuarine system, SC, Brazil.	Caracterização hidrodinâmica
Siegle et al. (2009)	Hydrodynamics and suspended sediment transport in the Camboriú estuary – Brazil: pre jetty conditions.	Hidrodinâmica e transporte de sedimentos em suspensão
Marins et al. (2007)	Variabilidade hidroquímica e geoquímica sedimentar em resposta as descargas antrópicas para o estuário do rio Jaguaribe – CE.	Avaliação da descarga hídrica e sedimentológica
Silva (2000).	Estuários – Critérios para uma classificação Ambiental.	Revisão e definições sobre estuários

Tabosa (2006).	Morfologia, hidrodinâmica e sedimentológica da plataforma continental brasileira.	Estudos dos processos hidrodinâmicos e sedimentar
Schettini et al. (2000).	Caracterização oceanográfica e biogeoquímica dos estuários dos rios Tavares e Defuntos, reserva extrativista de Pirajubaé, Florianópolis, SC.	Caracterização oceanográfica e biogeoquímica
Duarte e Vieira (1997)	Caracterização dos ambientes estuarinos, misturas em estuários.	Caracterização dos sistemas estuarinos e análise do fenômeno de mistura de massas hídras estratificadas.
Schettini e Carvalho (1999).	Caracterização hidrodinâmica do estuário do rio Cubatão, Joinville.	Caracterização preliminar da Hidrologia em maré de Sizígia.
Cancino e Neves (1998).	Hydrodynamic and sediment suspension modeling in estuarine systems. Parte I description of the numerical models	Avaliação das concentrações de sedimentos em suspensão e descrição de modelos estuarinos.
Lessa (1991)	Dinâmica de maré transporte de sedimentos no canal de Itajuru – Laguna Araruama (RJ).	Dinâmica de maré e sedimentos.

Ressaltando os diversos estudos, compreende-se que os estuários são ambientes complexos, que exercem uma dinâmica característica das interações desenvolvidas em todos os aspectos que o compõem. Sendo assim, alguns autores clássicos desenvolveram conceitos que levam em consideração os processos hidrodinâmicos, biogeoquímicos e sedimentares, visto que esses parâmetros podem variar de ambiente para ambiente.

Cameron e Pritchard (1963) desenvolveram uma definição ampla onde caracterizam os estuários como sendo: “corpos de água costeiros semi-fechados que têm uma ligação livre com o mar nos quais a água do mar se dilui de forma mensurável, com a água doce proveniente da drenagem terrestre.”

Essa definição do ponto de vista hidrodinâmico descreve o padrão de distribuição do gradiente de salinidade e densidade, que resultam de interações físicas distintas, como águas fluviais e sedimentos terrígenos e águas marinhas e sedimentos marinhos, condicionando assim o padrão de circulação e de mistura das massas de água (MIRANDA et al., 2002).

Observando os processos geomorfológicos e hidrodinâmicos (FAIRBRIDGE, 1980) apresenta uma definição baseada em critérios geomorfológicos onde conceitua estuário como sendo:

“[...] um braço de mar que ocupa um vale fluvial até o limite superior da ação da maré, onde se dividem três setores: zona marítima ou estuário inferior, em ligação direta com o mar aberto; o estuário médio, onde há mistura de água doce com água salgada; o estuário superior fluvial caracterizado pela existência de água doce, mas ainda sujeito ação da maré.”

Essa interação entre massas de águas com diferentes padrões físicos-químicos que ocorrem nos estuários, torna-os um ambiente específico que abriga uma variedade biológica ímpar, que em condições naturais são biologicamente mais produtivos do que os rios e oceanos adjacentes, pois apresentam altas concentrações de nutrientes que estimulam a produção primária (MIRANDA et al., 2002; SOUZA et al., 2005; VIEIRA, 1997).

Entretanto Suguio (1985); Pritchard (1967); Lacerda (2009) e Miranda (2002), sinalizam não só para as interações hidrodinâmicas, mas também para os aspectos geológicos dos ambientes estuarinos, onde o processo de deposição sedimentar favorecido pelos processos hidrodinâmicos decorrentes das descargas fluviais e oceânicas são bastante variados, pois, englobam desde lixiviação da bacia de drenagem à plataforma continental, envolvendo a erosão dentro do corpo estuarino até os sedimentos oriundos das atividades humanas.

Além das abordagens apresentadas acima o estuário também pode ser compreendido pela sua complexidade biogeoquímica, onde CHESTER (1993); LACERDA E SOLOMONS (1993), definem esses ambientes como locais de depuração, pois, apresentam uma grande capacidade de reter elementos químicos oriundos de fontes geogênicas e antropogênicas, diminuindo assim a disponibilização desses elementos para a cadeia trófica e para o oceano adjacente.

Diante da variedade de conceitos atribuídos aos ambientes estuarinos destaca-se que este estudo se atém aos processos hidrodinâmicos e biogeoquímicos, para compreender o comportamento dos elementos químicos nesses ambientes.

4.2 Fatores que influenciam na dinâmica do estuário do Serinhaém – BA

Os ambientes estuarinos estão diretamente relacionados aos diversos fatores que contribuem para seu funcionamento, determinando a variação da salinidade, distribuição da vegetação e sedimentos, que estão ligados aos processos distintos de circulação e mistura. Assim, pode-se destacar na tabela 3 alguns fatores que influenciam na dinâmica do estuário do rio Serinhaém, Baixo Sul da Bahia – Brasil.

Tabela 3: Fatores que contribuem para dinâmica do estuário do rio Serinhaém, no Baixo Sul da Bahia – Brasil.

<p>Escoamento fluvial</p>	<p>O estuário do rio Serinhaém, Bahia - Brasil está inserido em uma zona com clima tropical chuvoso, devido à proximidade com o mar, com pluviosidade média mensal superior a 600 mm e anual de 1500 mm (BRASIL, 2011). Além de possuir um volume de chuva elevado e bem distribuído ao longo do ano, possui vários canais tributários que alimentam esse ambiente. Dentre esses pode-se destacar o rio Juliana, que é o principal rio da região totalmente localizado na APA do Pratigi, que possui como afluentes os rio Santarém, rio das Piabas, rio Serinhaém, riacho Maribu, rio de Barro e Cabatá. Esse fluxo de água contribui no processo sedimentológico do estuário, além de ser um fator importante na dispersão dos elementos químicos.</p>
<p>Maré</p>	<p>Pode-se presenciar dois tipos de variação das marés: As de sizígia que ocorrem entre a lua cheia e a lua nova com preamares muito altas e baixas marés muito baixos. Já a lua em sua fase de quarto crescente e quarto minguante, produz a maré de quadratura, onde as preamares são mais baixas, e as baixas marés são mais altas, isso devido à força de atração da lua e do sol se opor duas vezes em cada lunação. Santos (2015) constatou em suas análises que próximo a Cachoeira da Pancada Grande, no período de maré alta de sizígia, encontram-se águas com salinidade baixa. Dessa forma observa-se que as marés de sizígia, tem seu limite de intrusão próximo à descarga da cachoeira da Pancada Grande. Essas marés influenciam de forma direta no comportamento hidrodinâmico do estuário, assim como na dispersão de elementos químicos e sedimentos.</p>
<p>Sedimentação</p>	<p>A espacialização da granulometria ao longo do estuário do Serinhaém, Bahia – Brasil apresenta uma configuração de sedimentos bastante variada, mas com predomínio da fração areia média seguida de areia fina e sedimentos lamosos. Constatou-se com os resultados da análise granulométrica feita por Santos (2015), que os sedimentos lamosos e arenosos de granulometria fina são encontrados ao longo de todo estuário, e em maior parte junto ao bordo Sul do estuário. Ao centro de cada sub-canal, para além do domínio de areia fina, há fortes percentuais de sedimentos grosseiros, principalmente areia grossa associada a cascalho (SANTOS, 2015).</p>

Geomorfologia

Segundo a morfologia observada, o estuário apresenta desníveis, com fortes mudanças de profundidade em alguns trechos, ora com grandes profundidades, ora com patamares diminuindo a profundidade do canal (SANTOS, 2015). A morfologia do estuário em sentido longitudinal apresenta um padrão sinuoso em direção à foz, com variações de profundidade, áreas escarpadas, e patamares. Em sentido transversal notou-se junto à margem Sul do estuário áreas de menor profundidade, enquanto na margem norte foram observadas áreas de maior profundidade com orientação do talvegue (CORREIA; GOMES, 2005). Essa configuração faz parte de uma série de características como: inflexão da orientação da drenagem, sequências de afunilamento e alargamento, e afunilamento junto à foz, e presenças de desníveis junto às margens nos segmentos finais do estuário (CORREIA; GOMES, 2005).

Fonte: SANTOS (2015); BRASIL (2011); CORREIA; GOMES (2005)

4.3 Geoquímica dos elementos químicos em sedimentos

Os elementos químicos são encontrados de forma natural no planeta Terra, devido à composição mineralógica das rochas. Esses elementos são disponibilizados ao ambiente pela ação dos agentes exógenos que agem decompondo e liberando seus materiais ao meio (PEREIRA et al., 2007).

Quando disponibilizados para o ambiente os elementos químicos são distribuídos para os diversos compartimentos ambientais, solos, sedimentos e, conseqüentemente, para os sistemas aquáticos, sendo muitas vezes potencializados pelas diversas atividades antrópicas que contribuem para que muitos desses elementos excedam as contribuições naturais (STUART, 2004).

Alleoni et al. (2005), enfatizam que:

“O aumento na concentração de elementos químicos em razão de processos como o intemperismo e lixiviação do solo, que são processos naturais que geram o aparecimento de elementos químicos na água e sedimentos, como também por atividades antropogênicas como rejeitos industriais, efluentes domésticos, insumos agrícolas, descarte de produtos comerciais, queima de combustíveis fósseis e descarte de lodo de esgoto, são atividades antrópicas associadas à contaminação do meio ambiente por tais metais”.

Lacerda (2009); Couceiro & Schettini (2010) destacam os rios como os principais fornecedores de sedimentos e matéria orgânica para os ambientes costeiros. Entretanto, configuram-se também como o principal difusor de elementos químicos vindos do continente em direção ao oceano.

No entanto, alguns elementos químicos são de suma importância para o desenvolvimento da biota e da vida humana, com destaque para os níveis de concentração, pois em excesso podem causar desequilíbrios no funcionamento dos organismos (SOLOMONS; FORSTNER, 1984).

Siegel (2002) destaca que alguns elementos químicos como Hg, Cd, Pb, As, Mn, Tl, Cr, Ni, Be, Co e Mo, podem provocar distúrbios a alguns seres vivos se ingeridos por longos períodos. Vale ressaltar que o Arsênio (As) e o Selênio (Se) são semimetais, e se encontram dentro do rol de elementos tóxicos prejudiciais às plantas e seres humanos, quando ingeridos em níveis de concentrações altas (TAVARES, 2013). Esses elementos químicos possuem uma particularidade, pois não são degradados química ou biologicamente de forma natural, permanecendo por longos períodos nos compartimentos ambientais (ROSA & CARDOSO, 2004; ROCHA et al. 2004).

Segundo Rocha et al. (2004):

“[...] quando os contaminantes alcançam os sistemas aquáticos, dependendo de suas características físico-químicas e as subsequentes transformações físicas, biológicas e químicas que podem sofrer, irão fatalmente se distribuir entre as águas, material particulado em suspensão, sedimentos e biota. Ainda, em regiões costeiras, a interação entre o ambiente marinho e o continente é incontestável”.(Rocha et al. 2004, p 201).

Os sedimentos representam um repositório final de elementos químicos transportados dos rios para os oceanos, e ao mesmo tempo desempenham um papel importante nos sistemas estuarinos como potenciais fontes de sumidouros.

São assim, um dos compartimentos mais estudados nos segmentos ambientais, por se manterem mais estáveis em termos físico-químicos (SOLOMONS e FORSTNER, 1984; MOZETO, 1996). A tabela 4 mostra alguns estudos desenvolvidos nos últimos anos, com o intuito de avaliar as concentrações de elementos químicos nos ambientes costeiros, em especial os estuarinos.

Tabela 4: Estudos desenvolvidos no Brasil e em outros países que quantificaram as concentrações de elementos químicos em sedimentos estuarinos.

REFERÊNCIAS	TÍTULO DO ESTUDO	METAIS
Santos et. al. (2015).	Caracterização geoquímica orgânica e inorgânica de sedimentos de manguezais do estuário São Francisco, Sergipe.	Al, Na, K, Fe, Cd, Cr, Cu, Ni e Pb

Ho et al. (2013).	Geogene Versus Anthropogene Origino of Trace Metals in Sediments in Cua Luc Estuary and Há Long Bay, Vietnam.	Al, Fe, Ca, K, Mg, As, Co Cr, Cu, Mn, Ni, Pb e Zn
Hu et al. (2013).	Occurrence and distribuiton of heavy metals in suface sediments of the Changua River Estuary and adjacent shelf (Hainan Island).	As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb e Zn
Fortunato et al. (2012)	Caracterização da contaminação por metais traços em área de manguezal, Município de Santos (SP).	Si, Al, Mn, Mg, Ca, Na, K, P, Fe, Pb, Cu, Ni e Zn.
Dipu e Kumar (2012).	Distribution of Mercury and ather trace metals in the sediments of cochin estuary (a Ramsar site), Kerala, Índia.	Hg, Cu, Cd, Cr, Zn, Pb e Mn
Carmo et al. (2011).	Metais em águas, sedimentos e peixes coletados no estuário de São Vicente – SP, Brasil.	Cr, Ni, Zn e Cu
Noronha et al. (2011).	Avaliação das concentrações de metais pesados em sedimentos do estuário do rio Timbó, Pernanbuco – Brasil.	Zn, Mn, Cr, Cu, Ni, Cd e Fe
Marques et al. (2011).	Geoquímica de metais em sedimentos da zona estuarina do complexo industrial porto de Suape, PE – Brasil.	Fe, Cu, V, Zn, Pb, Cd e Cr
Silva et al. (2011).	Avaliação da concentração de Fe, Cr, Pb, Zn, Cu e Mn no sedimento estuarino do Rio Jacuípe.	Fe, Cr, Pb, Zn, Cu e Mn
Lima et al. (2010).	Comportamento geoquímico de metais traços em sedimentos pelíticos- orgânicos estuarinos no nordeste do Brasil.	Pb, Zn, Hg, As, Cr, Cu e Ni
Silva et al. (2009).	Geoquímica de sedimentos de fundo de drenagem em estuário tropical, Nordeste do Brasil.	Li, Be, Fe, Mg, Al, K, V, Cr, Mn, Co, Ni, Cu, Zn, As, Se Rb, Sr, Mo, Cd, Sb, Ba, Tl, Pb e Ca
Botté et al. (2009).	Distribution of Several Heavy Metals in Tidal Flas Sediments Within Bahía Blanca Estuary (Argentina).	Hg, Cd, Pb e Cr
Hortellani (2008).	Avaliação da contaminação por elementos metálicos dos sedimentos	Zn, Ni, Pb, Cd, Hg, Cr, Al e Fe

do estuário Santos – São Vicente		
Jesus et al. (2003).	Distribuição de metais traços em sedimentos do sistema estuarino da Ilha de Vitoria - ES	Cu, Pb, Cr, Mn, Hg, Ni, Zn, Al e Fe.
Paula e Lacerda (2008).	Emissões antropicas de nutrientes e metais para o estuário do Rio de Contas (Ba)	N, P, Cu, Pb, Zn, Cd e Hg
Santos et al. (2007).	Concentração de metais pesados em sedimentos de manguezais do estuário do rio Joane – Ba, Subsídios para estudos de monitoramento em regiões Norte do estado da Bahia	Pb, Cd, Zn, Cr e Cu
Delgado et al. (2007).	Caracterização geoquímica dos sedimentos superficiais do estuário do rio Guadiana (SW de la Península Ibérica)	Al, As, Fe, Mn, Cu, Cd, Co, Cr, Ni, Pb e Zn
Lima et al. (2006).	Utilização de critérios de avaliação ambiental de metais traços nos sedimentos de fundo da plataforma continental do Amazonas	Fe, Mn, Cr, Co, Ni, Cu e Zn
Soria et al. (2005).	Características geoquímicas e fatores de enriquecimento de (Fe) nos sedimentos estuarinos da Costa de Huelva (SW Espanha)	Fe

Por ser um ambiente de transição os estuários possuem interfaces provocadas pela interação geoquímica e pela hidrodinâmica que favorece a retenção de elementos químicos, diminuindo assim o aporte desses elementos para o oceano (SILVEIRA, 2002; MIRANDA et al. 2002; BIANCHI, 2006).

Os elementos químicos quando transportados pelas vias fluviais chegam ao ambiente estuarino na maioria das vezes associados ao material particulado ou dissolvidos na coluna d'água (SIEGEL, 2002; SALOMÃO et al. 2001). Sendo, portanto, de extrema importância o conhecimento da mobilidade dos elementos químicos nos compartimentos ambientais.

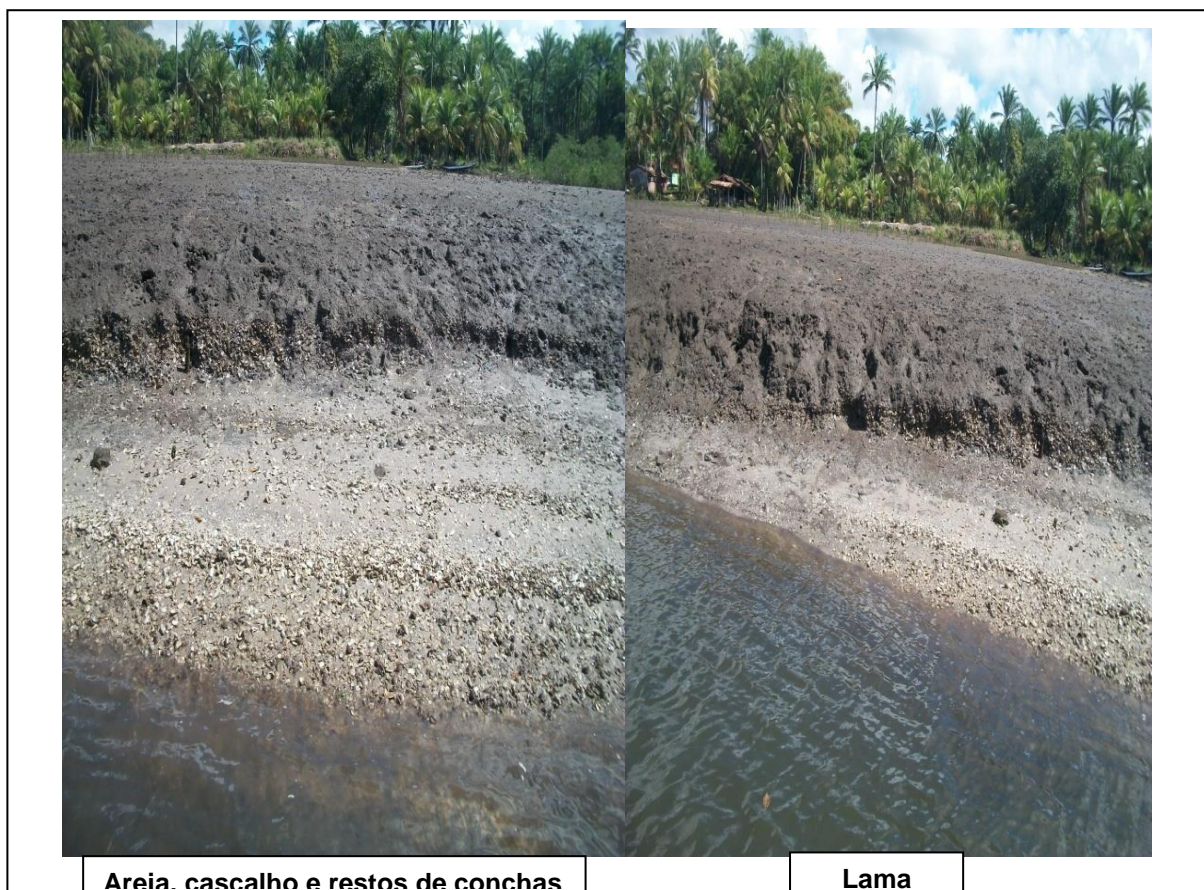
A mobilização dos elementos químicos ou a ausência desses nos sedimentos dos ambientes aquáticos dependem do tamanho das partículas da natureza química dos sedimentos, fatores esses que determinam a qualidade e força de sua ligação ao metal (NORONHA, 2011). Segundo Salomons e Forstner (1984), os sedimentos

podem ser classificados em dois grupos distintos: sedimentos finos com partículas menores que $0,063 \mu\text{m}$ (argila e silte) e sedimentos grosseiros com grãos acima de $0,063 \mu\text{m}$ (areia e cascalho).

A fração fina (argila e silte) ganha destaque nas análises de concentração de elementos químicos, devido à sua elevada superfície específica, pois devido a essa combinação específica, possui uma capacidade de imobilizar os metais e mantê-los indisponíveis para o ambiente (SILVA, 2001).

De acordo com Couceiro e Schettini (2010), o transporte dos sedimentos através do estuário até que alcancem a região costeira, é controlado pelo aporte fluvial de sedimentos e pelo padrão de circulação estuarino. Devido à mistura no interior do ambiente estuarino, a energia dos fluídos tende a ser menor e, com isso há a deposição do material de granulometria mais pesada, como a areia, enquanto os sedimentos particulados mais finos, como a argila e o silte, permanecem em suspensão, ilustrado na figura 7 (DYER, 1994; 1995 & PERILLO, 1995).

Figura 7: Diferença no processo de deposição de sedimentos, onde podemos observar areia, argila, cascalho e restos de conchas.



Fonte: Pereira, 2015.

No ambiente aquático, os sedimentos desempenham importante papel em relação à presença de elementos químicos, pois de acordo com o ambiente em que se encontram, podem representar uma fonte de liberação (através de processos físicos, químicos e biológicos), ou um sumidouro (deposição) para os metais provenientes das águas superficiais (TAVARES, 2013).

Com relação ao comportamento dos elementos químicos em ambientes estuarinos, se dividem em duas fases: a dissolvida e a particulada. A fase dissolvida circula no estuário podendo receber contribuições das águas intersticiais contaminadas pela concentração de elementos químicos, enquanto a fase particulada associa-se ao material particulado em suspensão, podendo depositar-se no fundo e sofrer a resuspensão devido aos processos hidrodinâmicos ou pela interferência antrópica (BAIRD, 2002).

As formas como os elementos se associam e migram nesses ambientes incluem a adsorção, complexação, precipitação e assimilação biológica. A adsorção é o processo predominante, seja com hidróxidos de Fe, Al ou Mn, com a matéria orgânica particulada e argilominerais (RODRIGUES, 2014).

Os argilominerais possuem capacidade sortiva ou capacidade de troca catiônica, causada pela presença de cargas elétricas, que podem ser compensadas em sua estrutura cristalina. Já a matéria orgânica apresenta propriedades singulares como complexação ou adsorção de íons-metálicos resultando na imobilização e redução de seus estados de valência com mudanças nas suas propriedades químicas. (RODRIGUES, 2014).

Por exemplo, o Fe e Mn são conhecidos por formar oxi-hidróxidos em condições óxidas, favorecendo a adsorção de V, Co, As, Cd, Zn e Cr, na superfície desses óxidos. Porém esses metais podem ser potencialmente remobilizados em condições redutoras, em consequência da dissolução dos oxi-hidróxidos de Fe e Mn. A presença de sulfetos em ambiente redutor, por sua vez, favorece a precipitação de metais como, Fe, Zn, Cd, Cu, Ni, Mo e Pb (COOPER; MORSE, 1998). Pode-se observar a correlação entre elementos químicos no estudo realizado por Marques (2010) na zona estuarina do complexo industrial do Porto de Suape, PE – Brasil, entre o Fe e Mn com Cr, Cu, Zn e V, destacando o importante papel de arraste de elementos químicos da coluna d' água para o sedimento.

Segundo Bianchini et. al. (2009), a salinidade também pode influenciar na mobilidade dos elementos químicos, especialmente em ambientes salobros e marinhos, pois reflete a concentração de sais que existe em uma determinada massa d' água. Os ânions formam complexos com os metais, reduzindo assim a sua biodisponibilidade. Além disso, os cátions em alta concentração podem competir com agentes complexantes dos metais, reduzindo assim, a disponibilidade de seus sítios de ligação, alterando a concentração de espécies metálicas livres (BIANCHINI et al. 2009). Sendo assim, em ambientes com concentrações baixas de salinidade ocorre uma alta adsorção dos metais no material em suspensão. Porém, com o aumento da salinidade ocorre a dissorção dos elementos químicos e paralelamente, aumenta a sua mobilidade no ambiente redutor pela ressuspensão dos sedimentos (LOITZENBAUER; MENDES, 2011).

5 MATERIAS E MÉTODOS

5.1 Área de estudo

O estuário do rio Serinhaém, Bahia – Brasil está entre as coordenadas 13° 35' N e 14° 10' S e 39° 40' W e 38°50' E, estendendo-se por uma área de aproximadamente de 32 km², abrangendo os municípios de Ituberá e Igrapiúna. Localiza-se na mesorregião do baixo Sul da Bahia, limitando-se a leste com o Oceano Atlântico e ao Sul com a Baía de Camamu, a Oeste com a BR-001 e ao norte com o Canal de Taperoá e APA de Tinharé-Boipeba, cercada por remanescentes da Mata Atlântica e manguezais. Possui uma biodiversidade variada, tornando-se um berçário natural para reprodução de várias espécies.

Diversos rios deságuam no estuário, descrito na tabela 5. Dentre esses, podem ser citados o rio Mariana e o Santarém, que possuem os maiores caudais e deságuam diretamente dentro do estuário:

Tabela 5: Principais rios que deságuam no estuário do rio Serinhaém, Bahia – Brasil.

MUNICÍPIOS	RIOS
Ituberá	Cachoeira Grande, Serinhaém, rio do Barro, riacho Maribu e Santarém
Igrapiúna	Igrapiúna, Serinhaém e Pinaré
Nilo Peçanha	Jequié ou das Almas, do Braço, Santo e Santo Antonio.
Piraí do Norte	Juliana e Rio do Peixe

Fonte: SEI/SEPLANTEC (2001).

5.2 Levantamento bibliográfico

O levantamento bibliográfico selecionou informações acerca de trabalhos realizados na área de pesquisa, a exemplo da dinâmica estuarina, análise de elementos químicos em sedimentos e o processo de interação geoquímica desse ambiente, que sejam capazes de fornecer informações relevantes para o desenvolvimento do tema. Esse procedimento foi realizado através de análise documental, buscando em fontes conceituadas, informações relevantes e confiáveis para gerar informações seguras. Assim, bibliotecas como a da Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS), Universidade Federal da Bahia (UFBA) e

Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP), deram suporte para o desenvolvimento desta pesquisa, juntamente com a plataforma de periódicos da CAPES, SCIELO, e artigos disponíveis em meios digitais, dentre outras fontes pertinentes.

5.3 Visita de campo

Foi realizada uma visita de campo no mês de julho de 2014, para fazer o reconhecimento da área de estudo, tendo em vista que as amostras de sedimentos analisadas já tinham sido coletadas para um trabalho anterior do Mestre Issac Silva Santos (2013-2015), que também fez parte do Programa de Pós-Graduação em Modelagem e Ciências da Terra e do Meio Ambiente - UEFS.

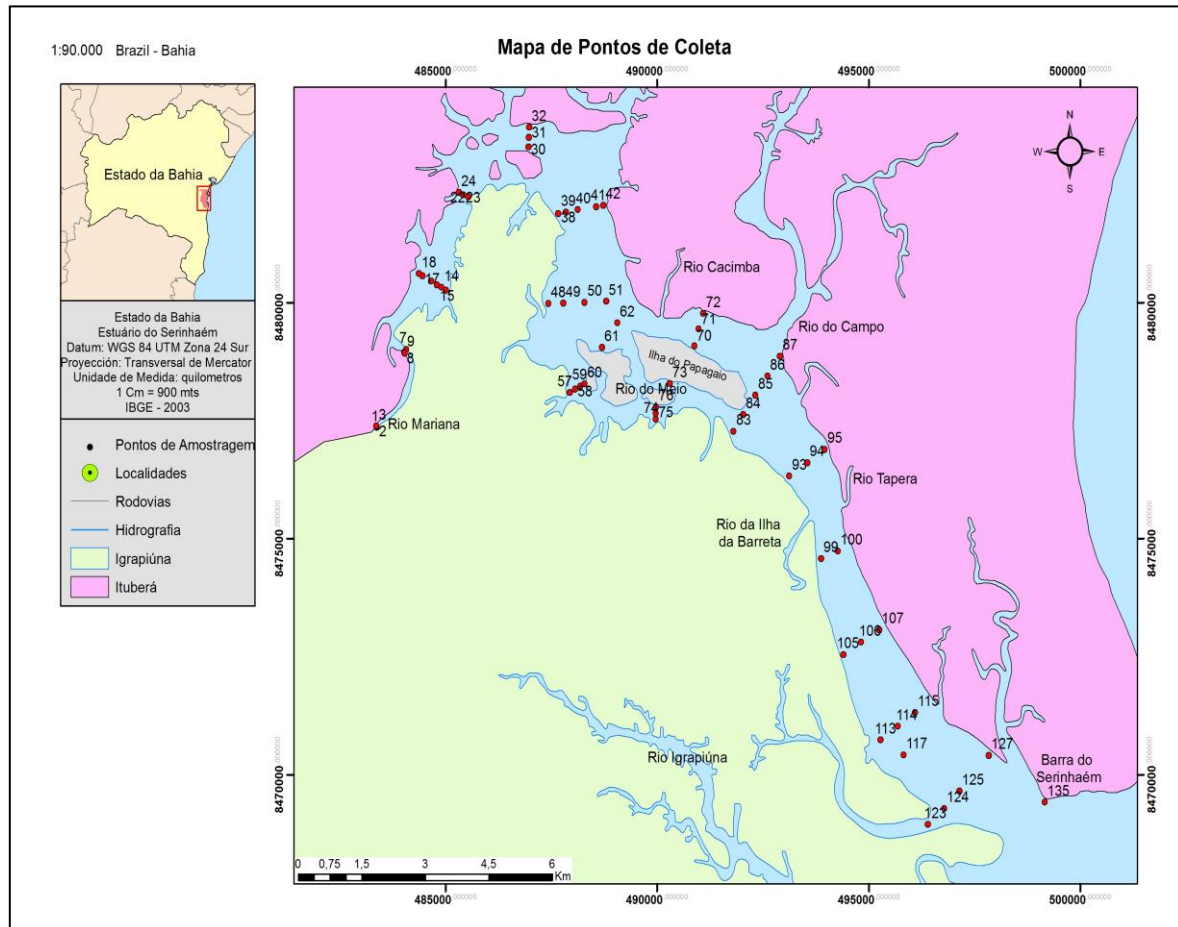
A malha amostral do estuário do rio Serinhaém, Bahia - Brasil possui aproximadamente 32 km de extensão. A divisão das coletas foi feita ao longo de 30 perfis, em espaçamentos regulares de aproximadamente 1 km. Cada perfil horizontal foi composto com pelo menos 3 amostras, e em áreas mais largas com espaçamento regular de cerca de 500 m entre pontos, totalizando 134 perfis.

Em uma malha regular e com proximidades equivalentes foram selecionados 62 pontos, como representada na figura 8, do total de 134 pontos. Nessas amostras foram identificados e quantificados os teores dos seguintes elementos químicos: Al, As, Ba, Be, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Li, Mn, Ni, Pb, Sn, V e Zn, optando-se por fazer o máximo de determinações possíveis, devido à capacidade do equipamento ICP-OES, em quantificar vários elementos químicos ao mesmo tempo.

As amostras de sedimentos foram preparadas no Laboratório de Estudos Ambientais (LEA), Laboratório de Geoquímica e Catálise Ambiental (LGCA) e no Laboratório de Tecnologia de Engenharia Ambiental (LABOTEC) todos eles localizados na Universidade Estadual de Feira de Santana. A metodologia usada foi a proposta pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA, 2003).

Após coleta, as amostras foram identificadas e espalhadas sobre folhas de papel e secas em temperatura ambiente durante 24 horas, separadas e quarteadas para homogeneização dos sedimentos. Posteriormente, peneiradas com malha de 0,062mm, separando-se no mínimo 10g da fração argila, pois essa fração possui uma maior capacidade de reter metais (EMBRAPA, 2003).

Figura 8: Distribuição dos pontos de coleta ao longo do estuário do Serinhaém.



Fonte: IBGE (2003), elaboração Pereira & Gonzáles (2016).

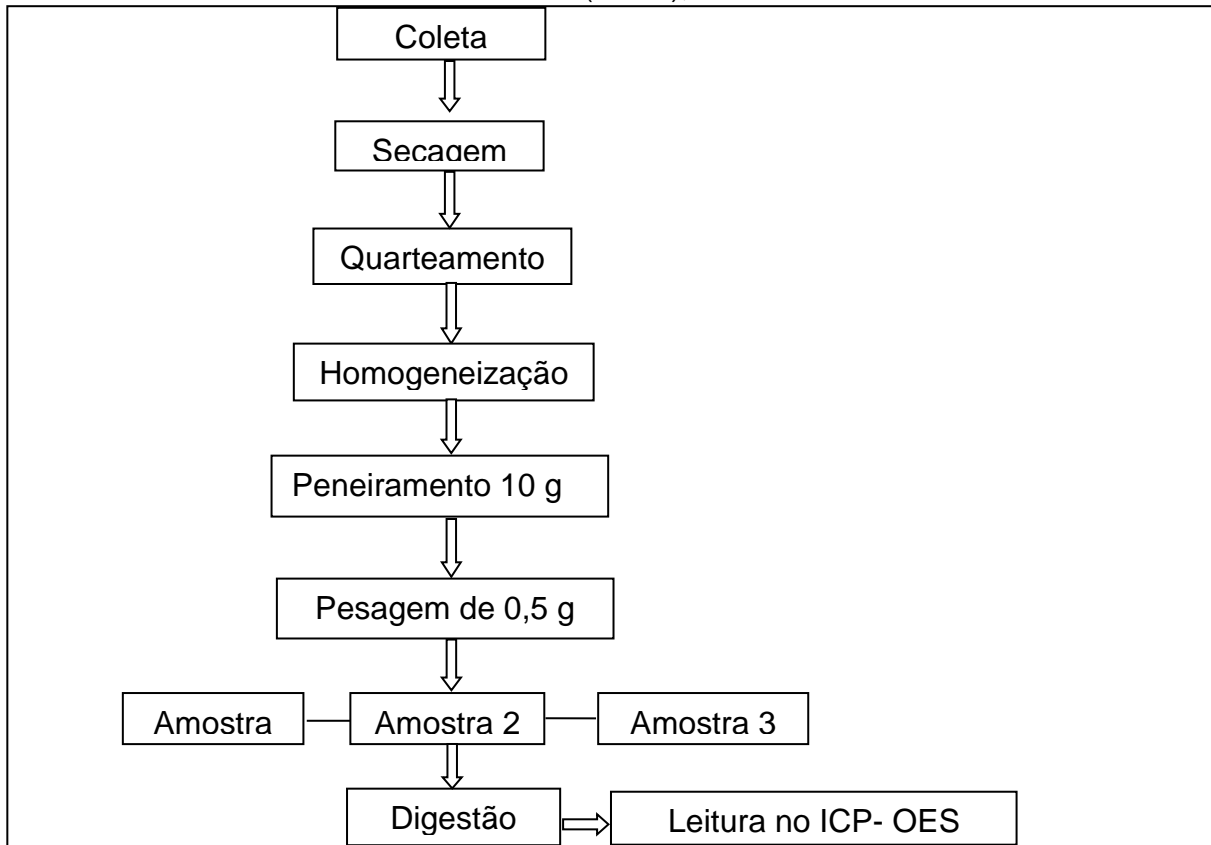
Para garantir uma maior confiabilidade dos resultados, às amostras foram preparadas em triplicatas, resultando em um total de 201 amostras. Vale resaltar que em nem todos os pontos de coleta foi possível obter a fração argila para análise.

No primeiro momento foi pesado 0,5g da fração argila na balança de precisão da marca Shimadzu, modelo AY220. Após a pesagem, as amostras foram transferidas para tubos de ensaio (25X250 mm) e posteriormente foram adicionados os ácido clorídrico (HCl) e ácido nítrico (HNO₃) à proporção 3:1 (3 mL de HCl e 1 mL de HNO₃), e colocadas no bloco digestor com temperatura de 100 °C (EMBRAPA, 2003).

As amostras permaneceram no bloco digestor até obter a coloração (cinza/branco) com volume final de aproximadamente de 1mL (EMBRAPA, 2003). Para uma melhor compreensão, as etapas de preparação das amostras está esquematizada na figura 9. Foi realizada digestão parcial, ou seja, os ácidos utilizados atingem somente os materiais adsorvidos ao mineral, fração parcialmente

disponível. O ácido nítrico é o agente oxidante mais comum usado na digestão de amostras inorgânicas, os elementos químicos são convertidos em nitratos solúveis, permitindo determinações quantitativas (EMBRAPA, 2003).

Figura 9: Fluxograma descritivo do preparo das amostras, da coleta a leitura no equipamento ICP-OES do Programa de Pós-Graduação e Geoquímica: Petróleo e Meio Ambiente (UFBA), 2015.



Fonte: Pereira, 2015

Após a dissolução, as amostras foram filtradas e completadas com água ultra-pura em um balão volumétrico de 50 mL e armazenadas (EMBRAPA, 2003). Em seguida transferidas para vasos plásticos de polietileno de 60 mL e acondicionadas na geladeira até o momento das determinações analíticas no equipamento ICP-OES.

5.4 Obtenção das concentrações dos metais pelo ICP – OES

Para determinar os níveis de concentração dos elementos químicos Al, As, Ba, Be, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Li, Mn, Ni, Pb, Sn, V e Zn, nos sedimentos do estuário do rio Serinhaém, Bahia - Brasil, utilizou-se a Espectrometria de Emissão Ótica por Plasma Acoplado Indutivamente (Inductively Coupled Plasma-Optical Emission

Spectrometry) ICP-OES, modelo Agilent Technologies - 700 série, disponibilizado pelo Programa de Pós – Graduação em Geoquímica : Petróleo e Meio Ambiente (POSPETRO) da Universidade Federal da Bahia - UFBA. Para leituras dos elementos químicos escolhidos foi necessário fazer uma curva de calibração para cada tipo de elemento. Após esse procedimento, as leituras foram feitas para vários elementos químicos ao mesmo tempo, quantificando seus teores mg kg^{-1} (miligramas por quilograma).

Para determinar as concentrações dos elementos químicos nas amostras, foi feita a calibração do aparelho a partir da curva analítica dos elementos que foram determinados utilizando-se soluções com padrões de concentração conhecidos para a matriz e os analitos, próximas às condições reais das amostras analisadas. O limite de detecção (LOD) e o limite de quantificação (LQM), para cada elemento químico está expresso na tabela 6.

Tabela 6: Limite de detecção (LOD) e limite de quantificação (LQM) dos elementos químicos dos sedimentos do estuário do rio do Serinhaém Ba- Brasil.

ELEMENTO	λ (nm)	LOD (mg kg^{-1})	LQM (mg kg^{-1})
Al	308,15	2,45	7,35
As	188,980	1	0,25
Ba	455,403	0,18	0,55
Co	238,892	0,07	0,21
Cr	267,716	0,04	0,11
Cu	327,395	0,25	0,75
Fe	234,350	0,44	1,33
Li	670,783	0,6	0,25
Mn	257,61	0,17	0,50
Ni	216,55	0,15	0,46
Pb	220,53	0,25	0,76
V	311,837	0,07	0,22
Zn	213,857	0,15	0,46

5.5 Modelagem

Foram obtidas a média e o desvio padrão para cada elemento químico. Os valores médios encontrados serviram de base para a composição dos gráficos, assinalando as concentrações mínimas e máximas encontradas. Posteriormente foi modelada a distribuição espacial dos elementos químicos utilizando o ArcGis, para gerar as informações necessárias para interpolação dos dados, utilizando o método

estatístico de krigagem, que assume a distância entre pontos ou a direção de amostras refletindo uma correlação espacial através da variação na superfície amostrada. Gerou-se assim, como produto final, a espacialização dos elementos químicos ao longo do estuário do rio Serinhaém.

6 RESULTADOS

O Brasil não dispõe de uma legislação específica tratando dos limites máximos da concentração de elementos químicos em sedimentos estuarinos. Frente a essa realidade optou-se, nesta Dissertação, por utilizar como referência a Resolução CONAMA 344/2004, cujos limites são baseados na legislação ambiental canadense (ENVIRONMENTAL CANADÁ, 2001). Vale ressaltar que o Fe, Al e Mn não possuem valor limite nessa resolução, ainda que as concentrações e os limites se apresentem relativamente altos em relação aos outros elementos químicos, pois são componentes majoritários das rochas. Também foram utilizados como parâmetro outros trabalhos, que quantificaram os elementos químicos em sedimentos estuarinos, apresentados na Tabela 09.

No padrão apresentado pela Resolução CONAMA 344/2004, existem dois níveis. Enquadra-se no Nível I, valores abaixo do qual não se observa efeito adverso à biota; e no Nível II, aqueles acima do qual é possível observar efeito adverso à biota. Nesse estudo foi utilizado o Nível I, pois os teores encontrados nos sedimentos não ultrapassaram os níveis estabelecidos pelo órgão regulamentador, dessa forma não gerando riscos para a biota.

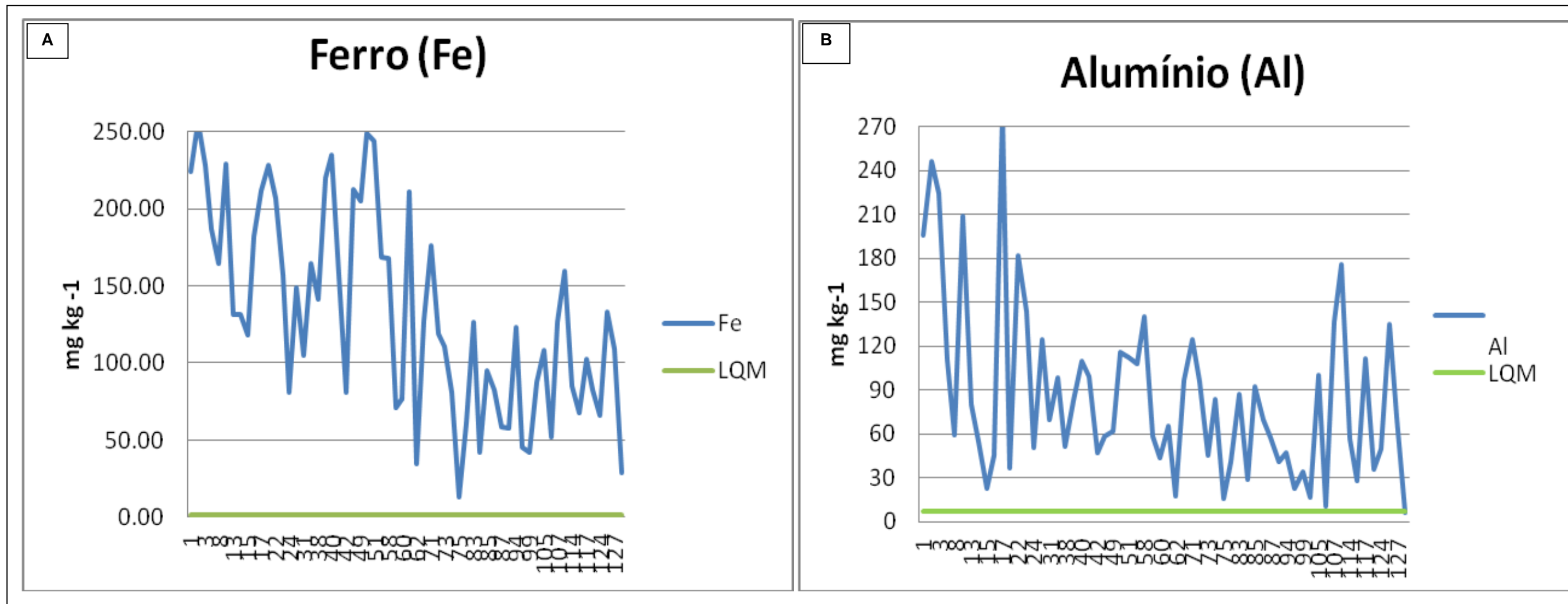
A ordem de concentração apresentada nos sedimentos analisados está descrita na tabela 7 na seguinte ordem: Fe > Al > Mn > Zn > V > Cr > Ba > Co > Ni.

Os demais elementos analisados apresentaram resultados abaixo do limite de quantificação não sendo considerados na discussão dos resultados. Dentre eles e na ordem apresentada para concentrações: Cu > Li > As > Pb > Sn, estão acima do limite de detecção, podendo ocorrer na área. Já o Be e o Cd, não foram detectados, como pode se observar na Tabela (7) que apresenta também as concentrações médias e desvio padrão. Vale ressaltar que os elementos químicos Co e Ni, apesar de apresentarem concentrações acima do limite de quantificação, não foi possível gerar os mapas de distribuição espacial desses elementos, por falta de pontos suficientes para fornecer a interpolação dos dados.

Tabela 7 - Concentrações médias e desvio padrão para os elementos químicos analisados no estuário do rio Serinhaém BA - Brasil.

	Al	As	Ba	Be	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Li	Mn	Ni	Pb	Sn	V	Zn
1	195,88 ± 59,16	-	0,42 ± 0,12	-	-	0,19 ± 0,03	0,48 ± 0,09	0,12 ± 0,01	224,40 ± 18,07	0,05 ± 0,01	1,79 ± 0,21	0,15 ± 0,07	0,02 ± 0,01	-	0,58 ± 0,07	0,79 ± 0,05
2	246,04 ± 62,17	-	0,53 ± 0,38	-	-	0,19 ± 0,07	0,67 ± 0,05	0,13 ± 0,02	256,00 ± 4,32	-	2,15 ± 0,42	0,13 ± 0,02	0,09 ± 0,02	-	0,92 ± 0,14	0,9 ± 0,19
3	224,68 ± 64,56	0,03 ± 0,01	0,5 ± 0,19	-	-	0,13 ± 0,03	0,44 ± 0,11	0,11 ± 0,02	227,94 ± 4,32	-	1,51 ± 0,37	0,11 ± 0,05	0,06 ± 0,02	-	0,52 ± 0,12	0,64 ± 0,19
7	110,91 ± 5,14	-	0,74 ± 0,04	-	-	0,18 ± 0,16	0,22 ± 0,04	0,09 ± 0,01	187,07 ± 47,22	-	2,05 ± 0,28	0,07 ± 0,01	-	-	0,46 ± 0,07	-
8	58,95 ± 7,10	-	0,46 ± 0,07	-	-	0,15 ± 0,03	0,31 ± 0,16	0,06 ± 0,02	164,20 ± 11,97	-	2,38 ± 0,23	0,27±0,02	0,03 ± 0,01	-	0,49 ± 0,12	0,7 ± 0,12
9	208,78 ± 107,06	0,06 ± 0,02	0,56 ± 0,28	-	-	0,10 ± 0,05	0,50 ± 0,25	0,17 ± 0,06	229,44 ± 10,91	0,09 ± 0,03	1,29 ± 0,6	0,14±0,10	0,18 ± 0,01	0,04 ± 0,02	0,46 ± 0,14	1 ± 0,12
13	79,84 ± 4,18	0,03 ± 0,02	0,37 ± 0,04	-	-	0,07 ± 0,16	0,22 ± 0,18	-	131,17 ± 36,58	-	1,52 ± 0,05	0,04±0,07	-	-	-	0,36 ± 0,04
14	54,82 ± 24,63	-	0,37 ± 0,45	-	-	0,17 ± 0,04	0,22 ± 0,23	0,04 ± 0,03	131,17 ± 4,92	0,05 ± 0,01	4,14 ± 1,28	0,11±0,09	0,03± 0,03	-	0,56 ± 0,02	0,36 ± 0,48
15	22,86 ± 11,66	-	0,34 ± 0,26	-	-	0,14 ± 0,11	0,18 ± 0,15	0,03 ± 0,02	117,79 ± 59,14	-	2,16 ± 1,5	0,11 ± 0,09	-	-	0,39 ± 0,00	0,55 ± 0,41
16	45,38 ± 12,89	-	0,35 ± 0,22	-	-	0,28 ± 0,13	0,33 ± 0,15	0,06 ± 0,01	181,54 ± 69,47	-	3,33 ± 1,37	0,01 ± 0,01	0,01 ± 0,01	-	0,81 ± 0,37	0,81 ± 0,31
17	280,53 ± 29,1	0,03 ± 0,01	0,56 ± 0,09	-	-	0,08 ± 0,01	0,61 ± 0,07	0,17 ± 0,01	211,87 ± 53,21	-	1,22 ± 0,23	0,19 ± 0,04	-	-	0,47 ± 0,47	0,63 ± 0,06
18	36,41 ± 9,51	-	0,36 ± 0,16	-	-	0,32 ± 0,14	7,73 ± 12,6	0,13 ± 0,12	227,97 ± 24,33	-	5,13 ± 2,01	5,13 ± 2,01	-	-	0,74 ± 0,74	1,01 ± 0,25
22	182,24 ± 38,26	0,08 ± 0,04	0,67 ± 0,3	-	-	0,14 ± 0,14	0,24 ± 0,23	0,18 ± 0,17	206,54 ± 2,50	0,1 ± 0,02	2,31 ± 2,17	7,83 ± 13,38	0,10 ± 0,03	-	0,43 ± 0,09	0,63 ± 0,25
23	143,82 ± 48,28	0,02 ± 0,01	0,29 ± 0,26	-	-	0,04 ± 0,02	0,19 ± 0,1	0,18 ± 0,09	157,27 ± 55,28	0,06 ± 0,02	0,67 ± 0,34	0,04 ± 0,03	0,34 ± 0,12	0,09 ± 0,03	0,26 ± 0,10	0,57 ± 0,25
24	50,56 ± 25,80	0,01 ± 0,01	0,13 ± 0,12	-	-	0,03 ± 0,01	0,04 ± 0,05	0,02 ± 0,09	80,97 ± 43,23	0,01 ± 0,01	0,47 ± 0,29	-	-	-	0,14 ± 0,07	0,19 ± 0,14
30	124,75 ± 46,07	0,08 ± 0,03	0,50 ± 0,33	-	-	0,05 ± 0,03	0,18 ± 0,11	0,14 ± 0,05	149,15 ± 40,76	0,09 ± 0,04	0,80 ± 0,5	0,02 ± 0,02	0,06 ± 0,04	0,04 ± 0,02	0,27 ± 0,13	0,70 ± 0,56
31	69,87 ± 38,61	0,07 ± 0,1	0,55 ± 0,47	-	-	0,03 ± 0,01	0,11±0,1	0,03 ± 0,02	105,06 ± 48,29	0,05 ± 0,04	0,65 ± 0,4	-	0,01 ± 0,01	-	0,19 ± 0,11	0,75 ± 0,63
32	98,54 ± 26,15	0,15 ± 0,03	0,44 ± 0,11	-	-	0,05 ± 0,01	0,14 ± 0,03	0,03 ± 0,01	164,67 ± 65,9	0,06 ± 0,04	0,88 ± 0,1	0,01 ± 0,01	0,01 ± 0,01	-	0,26 ± 0,02	-
38	51,38 ± 40,65	0,14 ± 0,13	0,38 ± 0,33	-	-	0,03 ± 0,02	0,07 ± 0,08	0,01 ± 0,01	141,59 ± 22,48	0,03 ± 0,03	0,66 ± 0,58	-	-	-	0,20 ± 0,16	0,41 ± 0,36
39	82,64 ± 25,19	0,33 ± 0,13	0,21 ± 0,19	-	-	0,03 ± 0,01	0,11 ± 0,07	0,02 ± 0,01	220,27 ± 104,53	0,05 ± 0,02	0,66 ± 0,25	-	0,01 ± 0,01	-	0,28±0,10	0,33 ± 0,14
40	110,03 ± 24,58	0,47 ± 0,22	0,82 ± 0,6	-	-	0,05 ± 0,01	0,44 ± 0,21	0,09 ± 0,04	234,74 ± 62,03	0,08 ± 0,03	1,25 ± 0,43	0,13 ± 0,07	0,27 ± 0,14	0,10 ± 0,05	0,44 ± 0,16	1,11 ± 0,66
41	99,4 ± 3,77	0,08 ± 0,02	0,60 ± 0,21	-	-	-	-	-	156,74 ± 46,6	-	1,03 ± 0,01	-	-	-	0,25 ± 0,00	0,72 ± 0,48
42	46,72 ± 14,69	0,04 ± 0,01	0,13 ± 0,1	-	-	0,02 ± 0,01	0,01 ± 0,02	-	81,21 ± 2,63	0,02 ± 0,01	0,43 ± 0,18	-	-	-	0,11±0,03	0,16 ± 0,11
48	58,66 ± 14,61	0,39 ± 0,18	0,58 ± 0,55	-	-	-	0,10 ± 0,06	-	212,37 ± 17,01	0,03 ± 0,01	0,58 ± 0,2	-	0,01 ± 0,02	-	0,32 ± 0,13	0,53 ± 0,44
49	61,61 ± 82,02	0,36 ± 0,2	0,45 ± 0,4	-	-	0,24 ± 0,06	0,09 ± 0,08	0,01 ± 0,01	204,74 ± 65,71	0,04 ± 0,02	0,50 ± 0,23	-	0,01 ± 0,02	-	0,27 ± 0,12	0,66 ± 0,37
50	116,17 ± 7,93	0,26 ± 0,01	1,03 ± 0,19	-	-	-	0,21 ± 0,04	-	249,04 ± 72,91	-	1,38 ± 0,12	-	-	-	0,34±0,02	0,82 ± 0,16
51	112,17±2,82	0,25 ± 0,01	0,99 ± 0,15	-	-	-	0,20 ± 0,02	-	243,57 ± 15,42	-	1,32 ± 0,04	-	-	-	-	0,78 ± 0,13
57	108,02 ± 13,66	0,17 ± 0,03	0,24 ± 0,24	-	-	-	0,14 ± 0,03	-	168,34 ± 2,5	0,07 ± 0,01	0,88 ± 0,07	-	0,02 ± 0,01	-	0,3 ± 0,03	0,57 ± 0,12
58	139,74 ± 20,70	0,16 ± 0,03	1,3 ± 0,18	-	-	-	0,17 ± 0,02	0,10 ± 0,01	167,67 ± 12,71	-	0,84 ± 0,12	0,02 ± 0,01	0,41 ± 0,10	0,09 ± 0,02	0,27 ± 0,04	0,79 ± 0,13
59	58,77 ± 17,39	0,03 ± 0,01	0,67 ± 0,21	-	-	-	0,02 ± 0,04	-	70,82 ± 16,48	0,03 ± 0,01	0,60 ± 0,16	0,03 ± 0,01	-	-	0,13 ± 0,03	0,25 ± 0,1
60	44,01 ± 9,38	-	1,45 ± 1,2	-	-	0,08 ± 0,01	0,08 ± 0,02	0,05 ± 0,03	77,00± 16,51	-	1,25 ± 0,25	-	0,03 ± 0,01	-	0,24 ± 0,03	1,13 ± 0,97
61	65,14 ± 20,54	0,28 ± 0,22	0,96 ± 0,3	-	-	0,06 ± 0,02	0,12 ± 0,05	-	210,63 ± 11,73	0,04 ± 0,01	1,20 ± 0,07	-	-	-	0,33 ± 0,07	0,73 ± 0,28
62	17,26 ± 7,67	-	1,23 ± 1,14	-	-	0,04 ± 0,01	0,01 ± 0,02	0,02 ± 0,01	34,80± 115,99	-	0,71 ± 0,25	-	0,02 ± 0,02	-	0,11 ± 0,04	0,81 ± 0,75
70	96,23 ± 10,24	0,11 ± 0,02	0,71 ± 0,35	-	-	0,03 ± 0,00	0,11 ± 0,03	0,14 ± 0,02	127,04 ± 11,45	0,09 ± 0,01	0,78 ± 0,12	0,01 ± 0,01	0,39 ± 0,07	0,07 ± 0,01	0,2±0,03	0,73 ± 0,19
71	124,48 ± 10,24	0,20 ± 0,05	0,55 ± 0,16	-	-	0,04 ± 0,01	0,12 ± 0,07	0,09 ± 0,07	175,84 ± 17,33	0,12 ± 0,03	1,19 ± 0,36	0,03 ± 0,03	0,13 ± 0,04	-	0,3 ± 0,09	0,81 ± 0,64
72	95,82 ± 31,12	0,14 ± 0,06	0,49 ± 0,36	-	-	0,03 ± 0,01	0,10 ± 0,08	0,04 ± 0,01	119,12 ± 38,78	0,1 ± 0,04	0,64 ± 0,28	0,01 ± 0,01	0,17 ± 0,08	-	0,19 ± 0,08	0,38 ± 0,22
73	45,5 ± 21,27	-	0,47 ± 0,01	-	-	-	-	0,03 ± 0,01	110,94 ± 39,41	-	1,09 ± 0,03	-	0,01±0,00	0,02 ± 0,03	0,25 ± 0,01	0,99 ± 0,51
74	83,68 ± 10,60	0,05 ± 0,01	1,35 ± 1,11	-	-	-	0,09 ± 0,06	-	80,98 ± 4,67	0,06 ± 0,01	1,09 ± 0,07	-	0,01 ± 0,00	-	0,16 ± 0,02	0,82 ± 0,58
75	15,64 ± 1,77	-	0,42 ± 1,11	-	-	-	-	-	13,06 ± 9,67	-	0,55 ± 0,1	-	-	-	-	0,26 ± 0,03
76	40,85 ± 4,78	-	0,7 ± 0,22	-	-	-	-	-	61,16 ± 1,96	-	0,54 ± 0,07	-	-	-	0,11 ± 0,02	0,41 ± 0,17
83	87,47 ± 14,10	0,12 ± 0,02	0,67 ± 0,23	-	-	-	0,07 ± 0,03	-	126,37 ± 7,43	0,07 ± 0,01	0,88 ± 0,15	-	-	-	0,19 ± 0,03	0,55 ± 0,27
84	28,76 ± 5,76	-	0,78 ± 0,47	-	-	-	-	0,01 ± 0,01	42,01 ± 18,73	-	0,58 ± 0,08	-	-	-	0,09 ± 0,01	0,51 ± 0,35
85	92,65 ± 12,97	0,10 ± 0,02	0,42 ± 0,18	-	-	-	0,08 ± 0,02	-	94,99 ± 72,25	0,07 ± 0,01	0,92 ± 0,14	-	0,02 ± 0,01	-	0,16 ± 0,01	0,62 ± 0,29
86	69,59 ± 18,79	0,03 ± 0,01	0,89 ± 0,35	-	-	0,04 ± 0,01	0,06 ± 0,04	-	82,4 ± 13,04	0,05 ± 0,02	1,17 ± 0,39	-	0,03 ± 0,02	-	0,17 ± 0,06	0,56 ± 0,43
87	57,38 ± 13,99	-	0,66 ± 0,22	-	-	0,03 ± 0,01	0,02 ± 0,03	-	58,98 ± 21,22	0,04 ± 0,01	0,64 ± 0,17	-	0,01 ± 0,01	-	0,13 ± 0,03	0,42 ± 0,21
93	41,27 ± 6,60	-	0,53 ± 0,26	-	-	0,05 ± 0,01	0,03 ± 0,04	-	58,07 ± 13,62	-	1,08 ± 0,19	-	0,02 ± 0,01	-	0,14 ± 0,02	0,51 ± 0,42
94	46,75 ± 19,13	-	1,1 ± 0,29	-	-	0,11 ± 0,04	0,08 ± 0,07	0,05 ± 0,02	122,96 ± 10,51	0,02 ± 0,01	2,49± 1,07	-	0,08 ± 0,06	-	0,34± 0,14	0,79 ± 0,29
95	22,78 ± 12,71	-	0,71 ± 0,56	-	-	0,05 ± 0,02	0,02± 0,05	-	45,74 ± 35,74	-	1,00±0,52	-	0,03 ± 0,03	-	0,14 ± 0,07	0,48 ± 0,38
99	33,75 ± 12,82	0,01 ± 0,01	1,31 ± 0,84	-	-	0,03 ± 0,01	-	0,01 ± 0,01	42,23 ± 22,27	0,01 ± 0,01	0,60 ± 0,27	-	0,01 ± 0,01	-	0,1 ± 0,04	0,65 ± 0,53
100	16,7 ± 2,62	-	0,80 ± 0,4	-	-	0,11 ± 0,03	0,06 ± 0,02	0,04 ± 0,01	87,89 ± 16,32	-	2,03 ± 0,62	-	0,06 ± 0,02	-	0,27 ± 0,08	0,59 ± 0,24
105	99,87 ± 9,49	0,07 ± 0,01	1,74 ± 0,49	-	-	-	0,13 ± 0,02	-	107,91 ± 19,75	0,09 ± 0,01	1,07 ± 0,06	-	0,06 ± 0,01	-	0,23 ± 0,02	0,71 ± 0,27
106	10,85 ± 5,68	-	0,47 ± 0,3	-	-	0,05 ± 0,03	0,01 ± 0,01	0,02 ± 0,01	51,96 ± 56,3	-	1,17 ± 0,64	-	0,02 ± 0,02	-	0,15 ± 0,08	0,3 ± 0,19
107	136,34 ± 21,87	0,13 ± 0,04	1,42 ± 0,34	-	-	-	0,16 ± 0,05	0,05 ± 0,01	126,37 ± 24,5	0,12±0,02	2,04 ± 0,4	0,03 ± 0,02	0,06 ± 0,02	-	0,26 ± 0,04	0,54 ± 0,22
113	176,01 ± 23,13	0,18 ± 0,01	3,28 ± 0,74	-	-	0,06 ± 0,01	0,25 ± 0,05	0,12 ± 0,02	159,14 ± 19,9	0,19 ± 0,02	1,09 ± 0,17	0,06 ± 0,02	0,24 ± 0,1	0,08 ± 0,01	0,32 ± 0,04	0,88 ± 0,29
114	56,69 ± 2,68	-	1,13 ± 0,21	-	-	-	0,07 ± 0,01	-	84,83 ± 16,65	-	1,41 ± 0,12	-	-	-	0,21 ± 0,02	0,54 ± 0,14
115	28,06 ± 6,21	0,01 ± 0,01	0,69 ± 0,35	-	-	0,06 ± 0,01	0,03 ± 0,01	-	67,71 ± 61,00	-	1,59 ± 0,35	-	-	-	0,19 ± 0,03	0,35 ± 0,17
117	111,53 ± 20,25	0,09 ± 0,03	1,21 ± 0,21	-	-	-	0,12 ± 0,05	-	102,33 ± 12,92	0,10 ± 0,02	0,78 ± 0,15	0,02 ± 0,01	0,03 ± 0,01	-	0,22 ± 0,04	0,48 ± 0,13
123	35,35 ± 20,25	0,01 ± 0,01	0,85 ± 0,44	-	-	0,09 ± 0,01	0,10 ± 0,03	-	82,85 ± 17,33	-	1,77 ± 0,29	-	0,05 ± 0,02	-	0,24±0,04	0,55 ± 0,30
124	49,99 ± 4,62	-	0,80 ± 0,34	-	-	-	0,10 ± 0,07	-	65,92 ± 12,25	-	1,2 ± 0,11	-	0,01 ± 0,01	-	0,16 ± 0,01	0,47 ± 0,23
125	134,58 ± 45,91	0,16 ± 0,05	2,06 ± 1,01	-	-	0,04 ± 0,01	0,18 ± 0,1	0,05 ± 0,02	133,4 ± 6,38	0,13 ± 0,05	1,29 ± 0,48	0,04± 0,03	0,1 ± 0,09	-	0,24 ± 0,09	0,58 ± 0,51
127	71,14 ± 5,25	0,12 ± 0,01	1,12 ± 0,17	-	-	-										

Figura 10: Concentração de elementos químicos em sedimentos do estuário do rio Serinhaém BA – Brasil. A) Fe, e B) Al, em ordem decrescente de quantificação.



CHAMAR FIGURA 10 EM DIANTE NO TEXTO

Figura 11: Concentração de elementos químicos em sedimentos do estuário do rio Serinhaém BA – Brasil. C) Mn, e D) Zn, em ordem decrescente de quantificação.

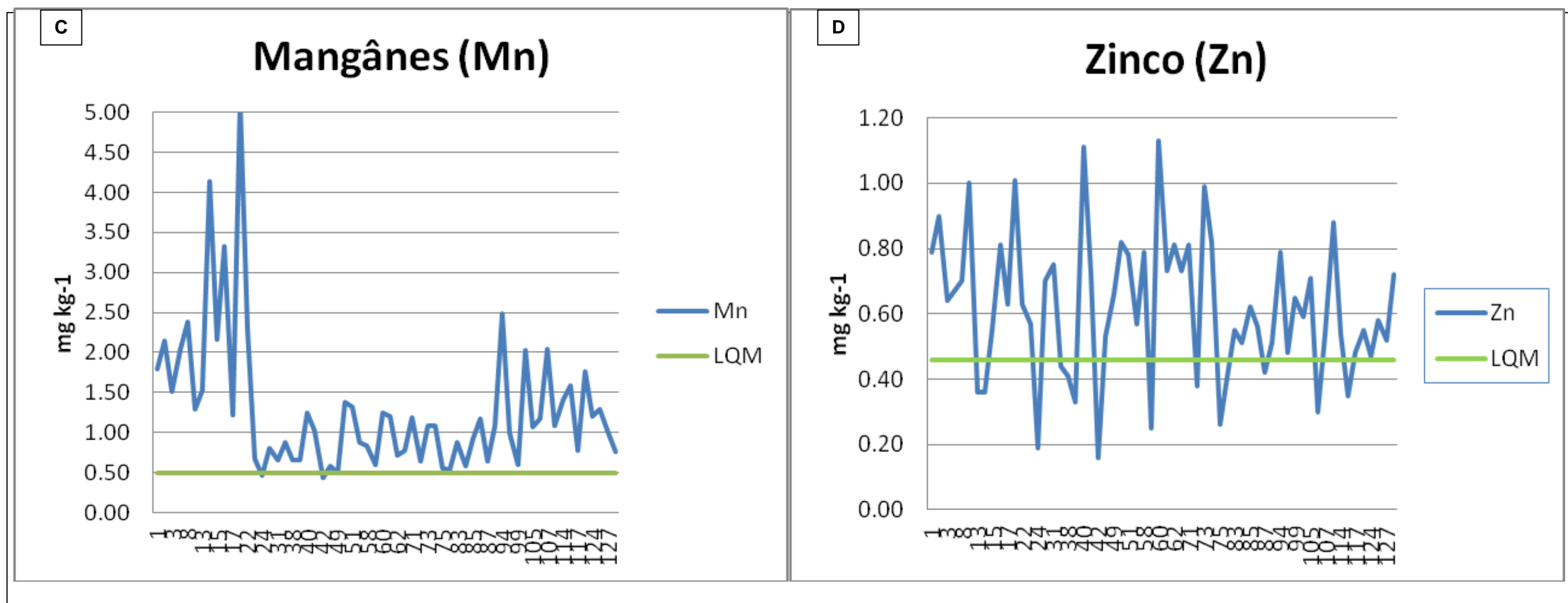


Figura 12: Concentração de elementos químicos em sedimentos do estuário do rio Serinhaém BA – Brasil. E) V, e F) Cr, em ordem decrescente de quantificação.

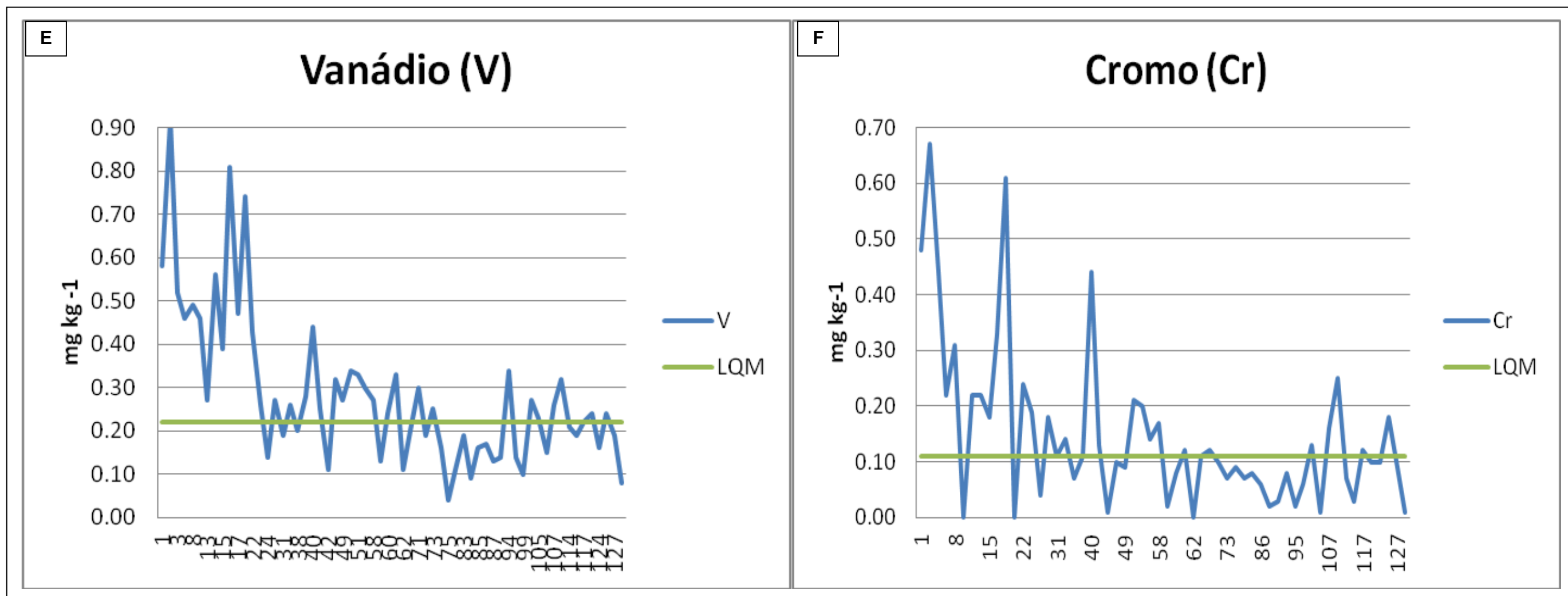


Figura 13: Concentração de elementos químicos em sedimentos do estuário do rio Serinhaém BA – Brasil. G) Ba e H) Co, em ordem decrescente de quantificação.

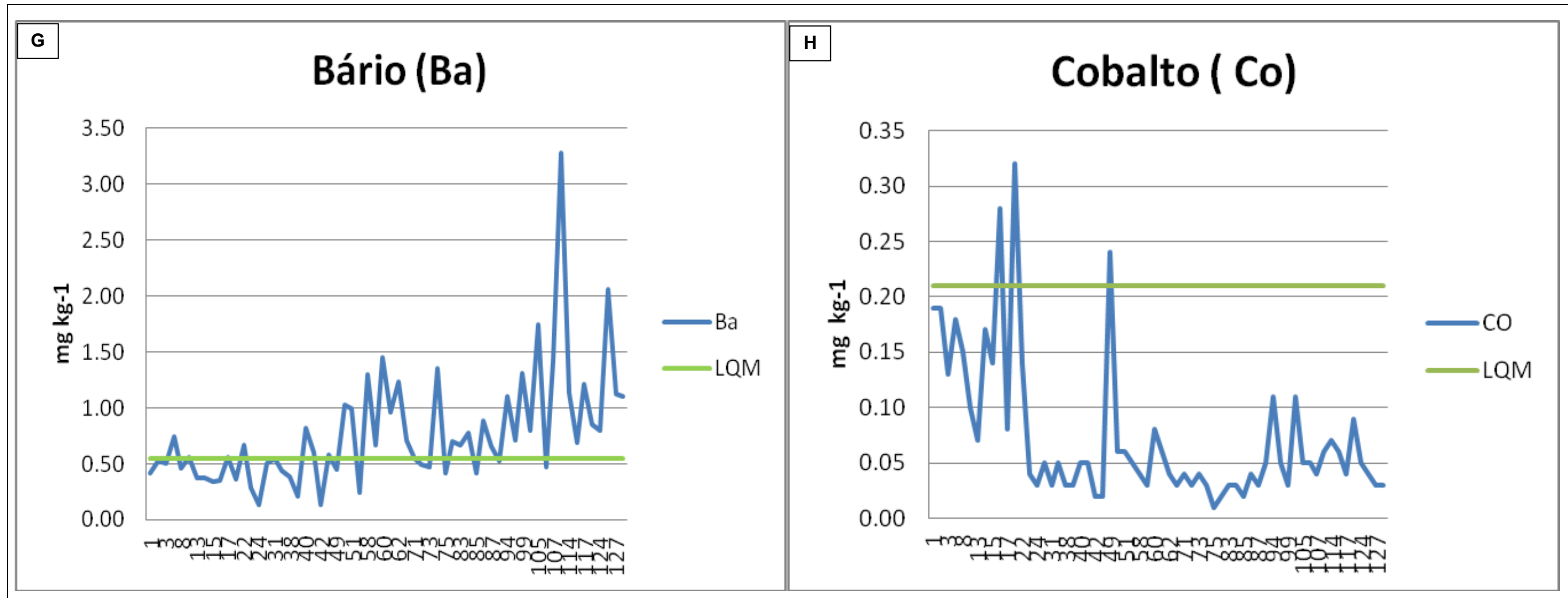


Figura 14: Concentração de elementos químicos em sedimentos do estuário do rio Serinhaém BA – Brasil. I) Ni.

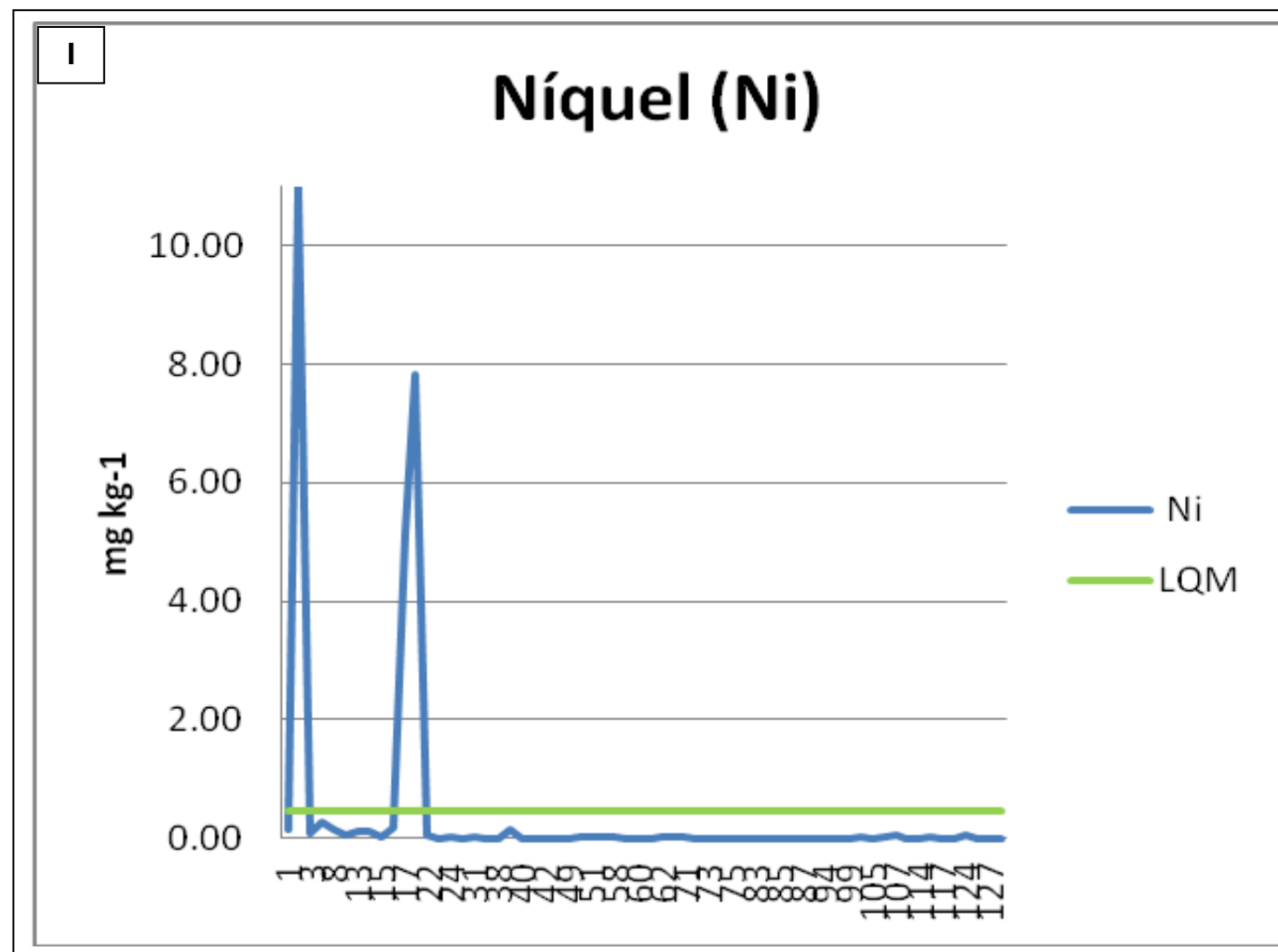


Figura 15: Limite de detecção de elementos químicos em sedimentos do estuário do rio Serinhaém BA – Brasil. A) Cu, B) Li, em ordem decrescente de quantificação.

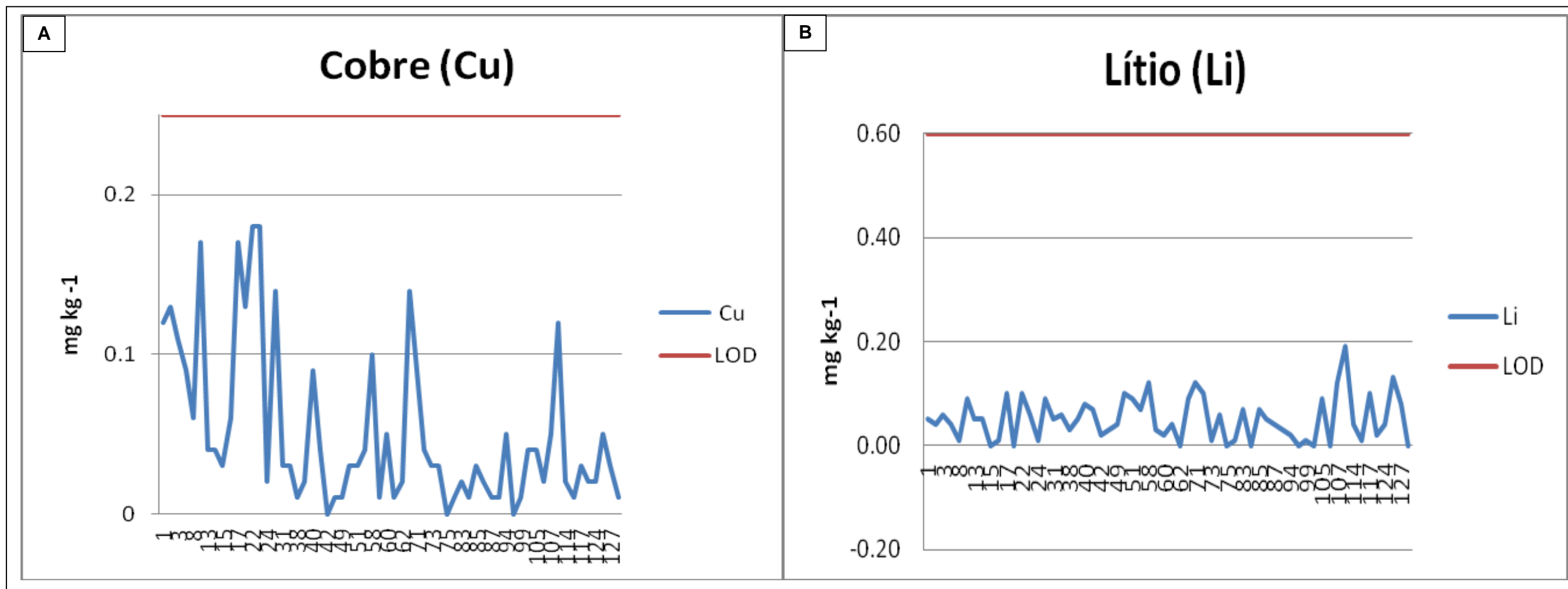


Figura 16: Limite de detecção de elementos químicos em sedimentos do estuário do rio Serinhaém BA – Brasil. C) As, D) Sn, em ordem decrescente de quantificação.

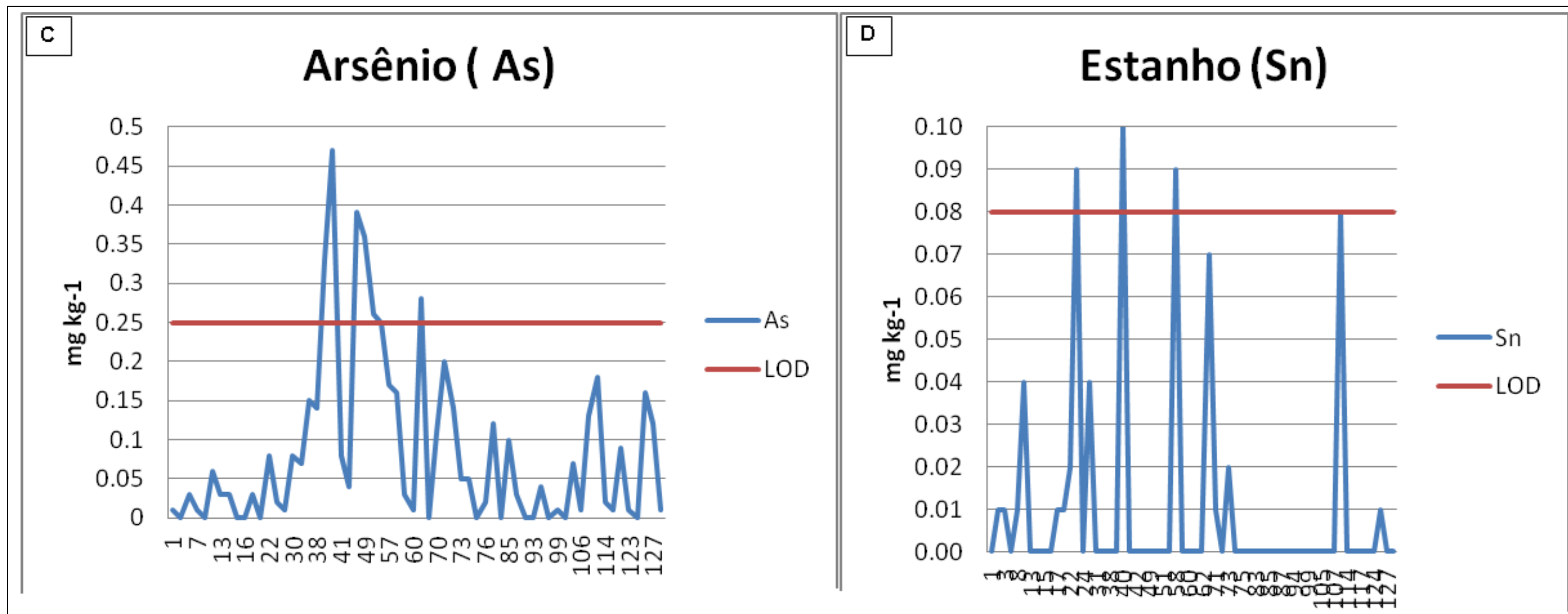


Figura 17: Limite de detecção de elementos químicos em sedimentos do estuário do rio Serinhaém BA – Brasil. E) Pb.

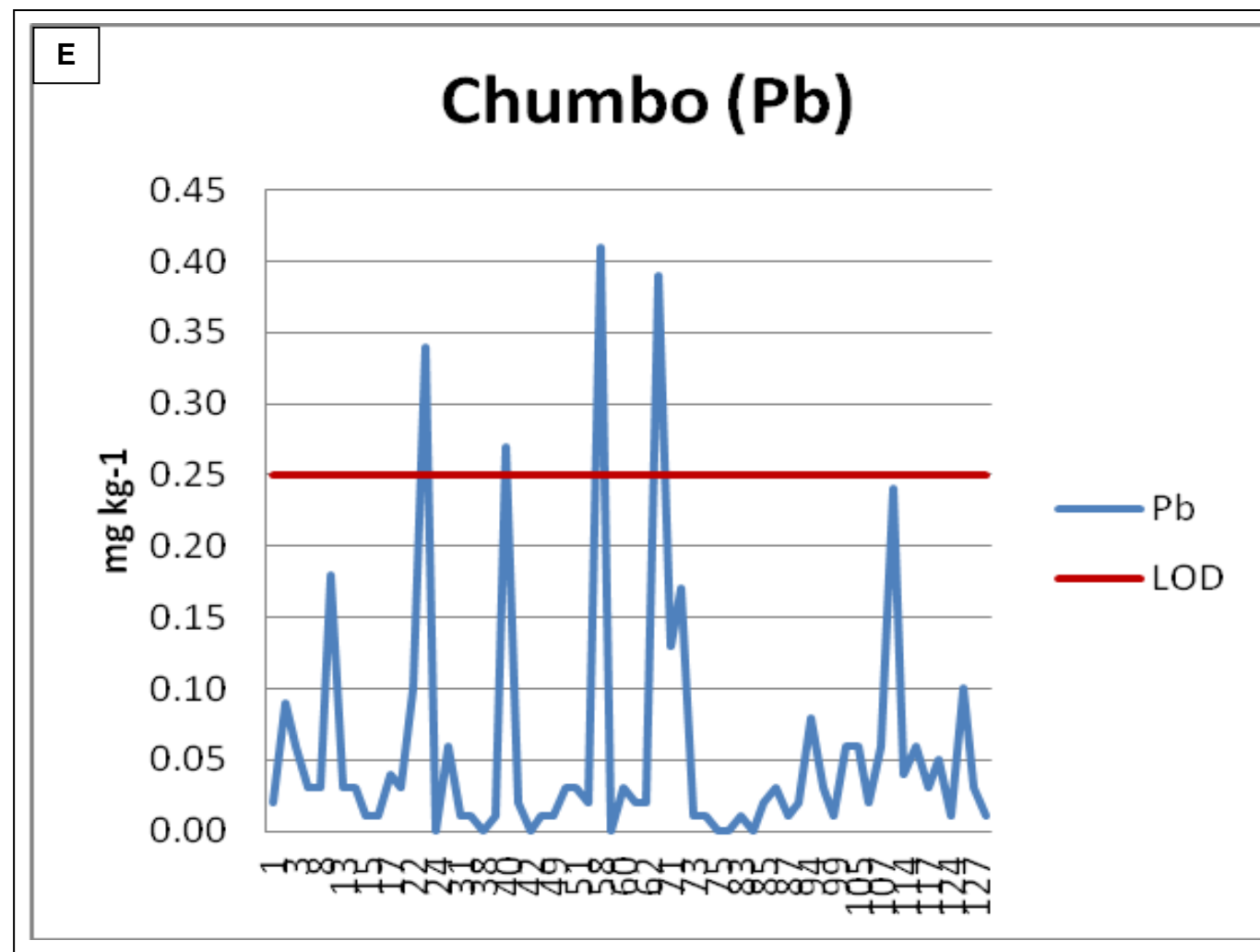


Figura 18: Modelos de distribuição espacial em sedimentos do estuário do rio Serinhaém Bahia – Brasil: A) Al, B) Cr.

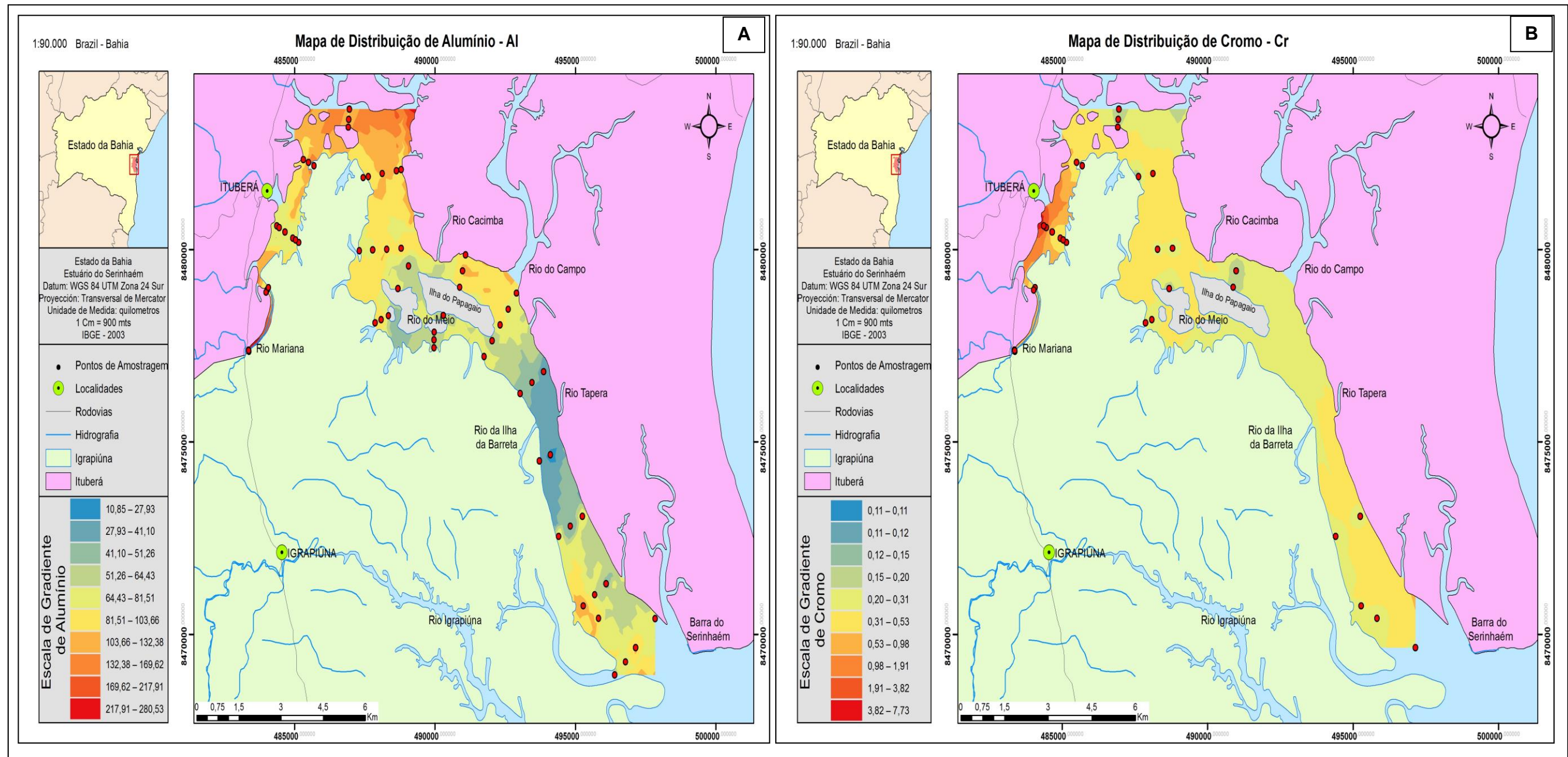


Figura 19: Modelos de distribuição espacial em sedimentos do estuário do rio Serinhaém Bahia – Brasil: C) Ba, D) V.

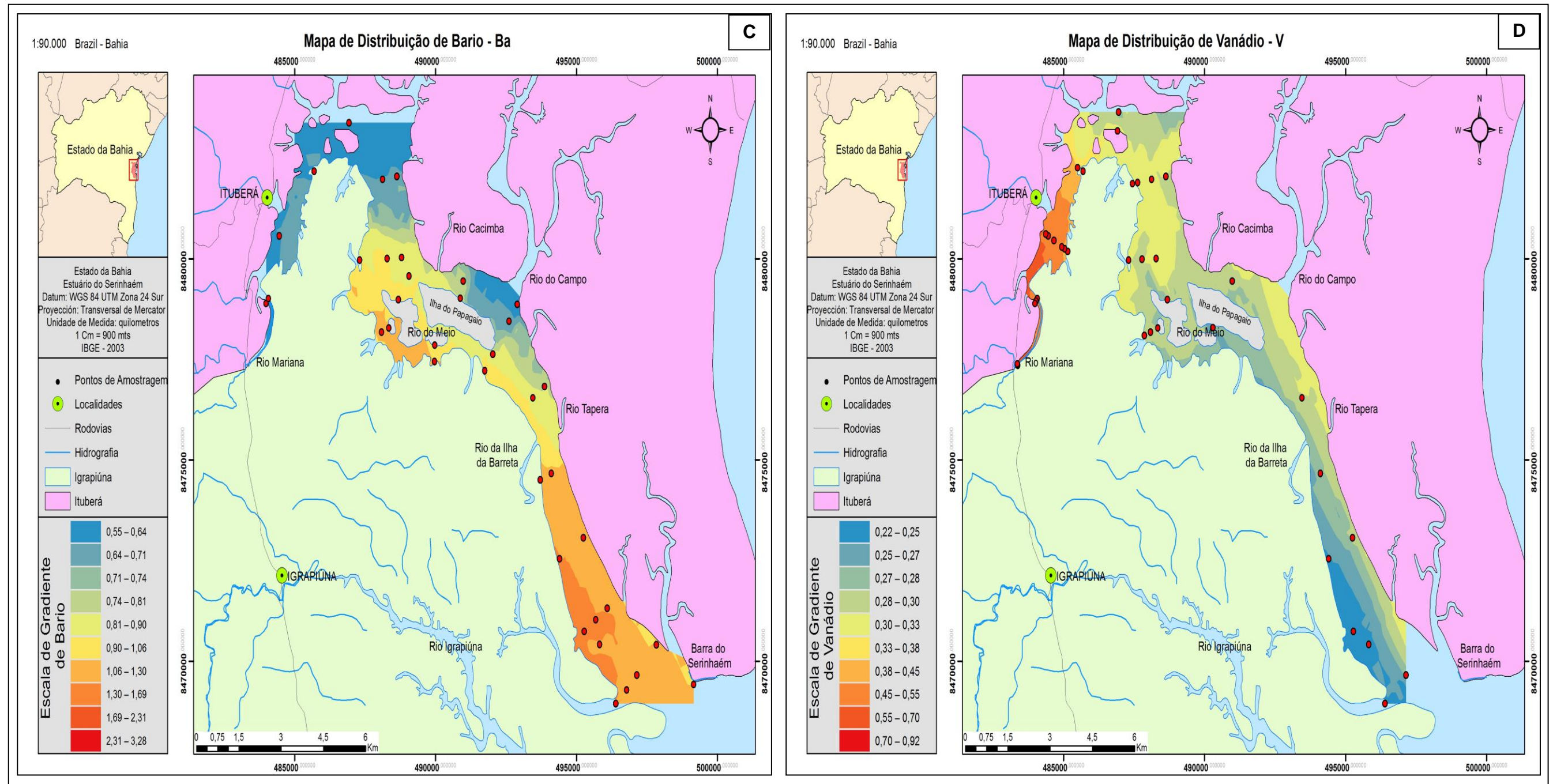


Figura 20: Modelos de distribuição espacial em sedimentos do estuário do rio Serinhaém Bahia – Brasil: E) Fe, F) Mn.

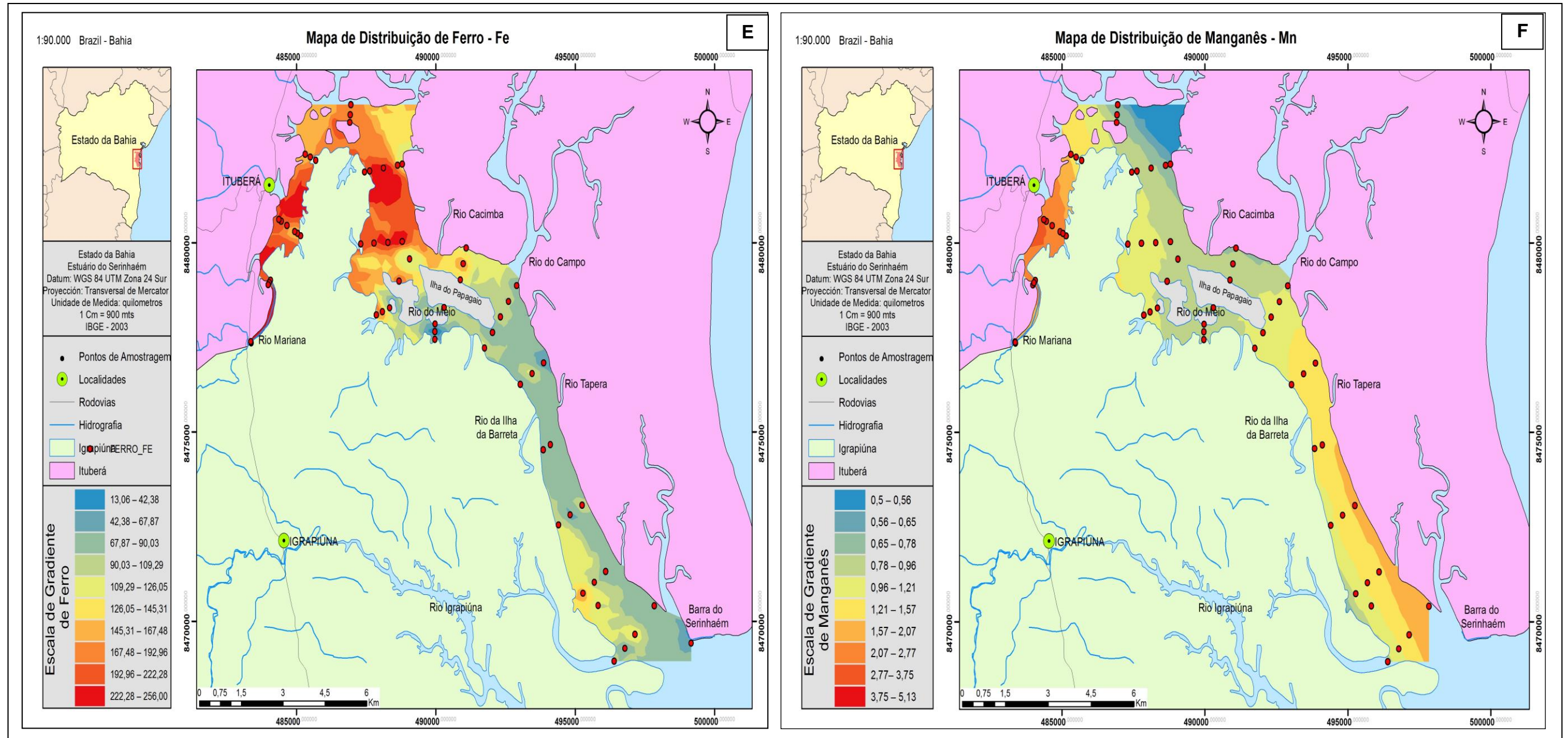
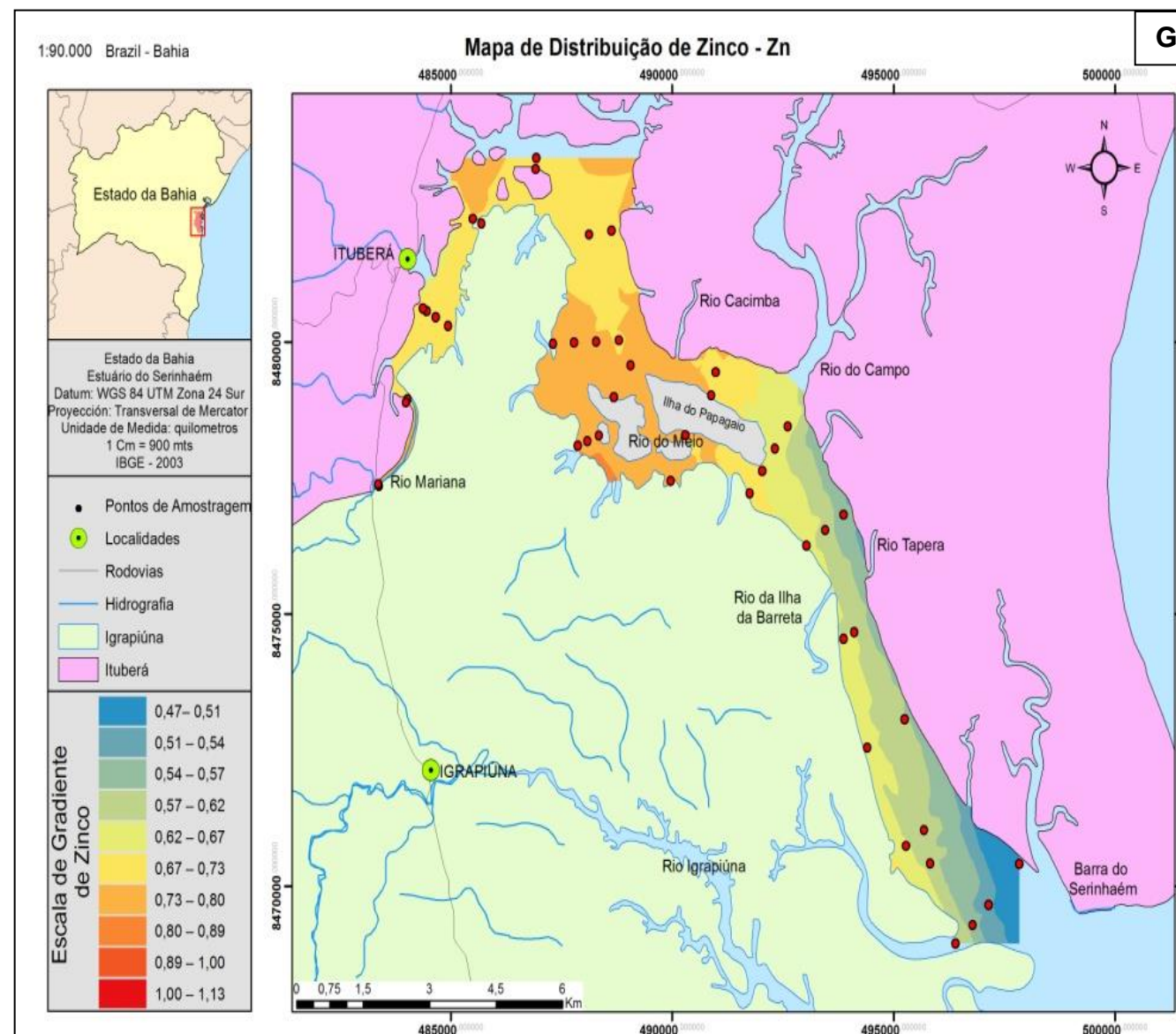


Figura 21: Modelos de distribuição espacial em sedimentos do estuário do rio Serinhaém Bahia – Brasil: G) Zn.



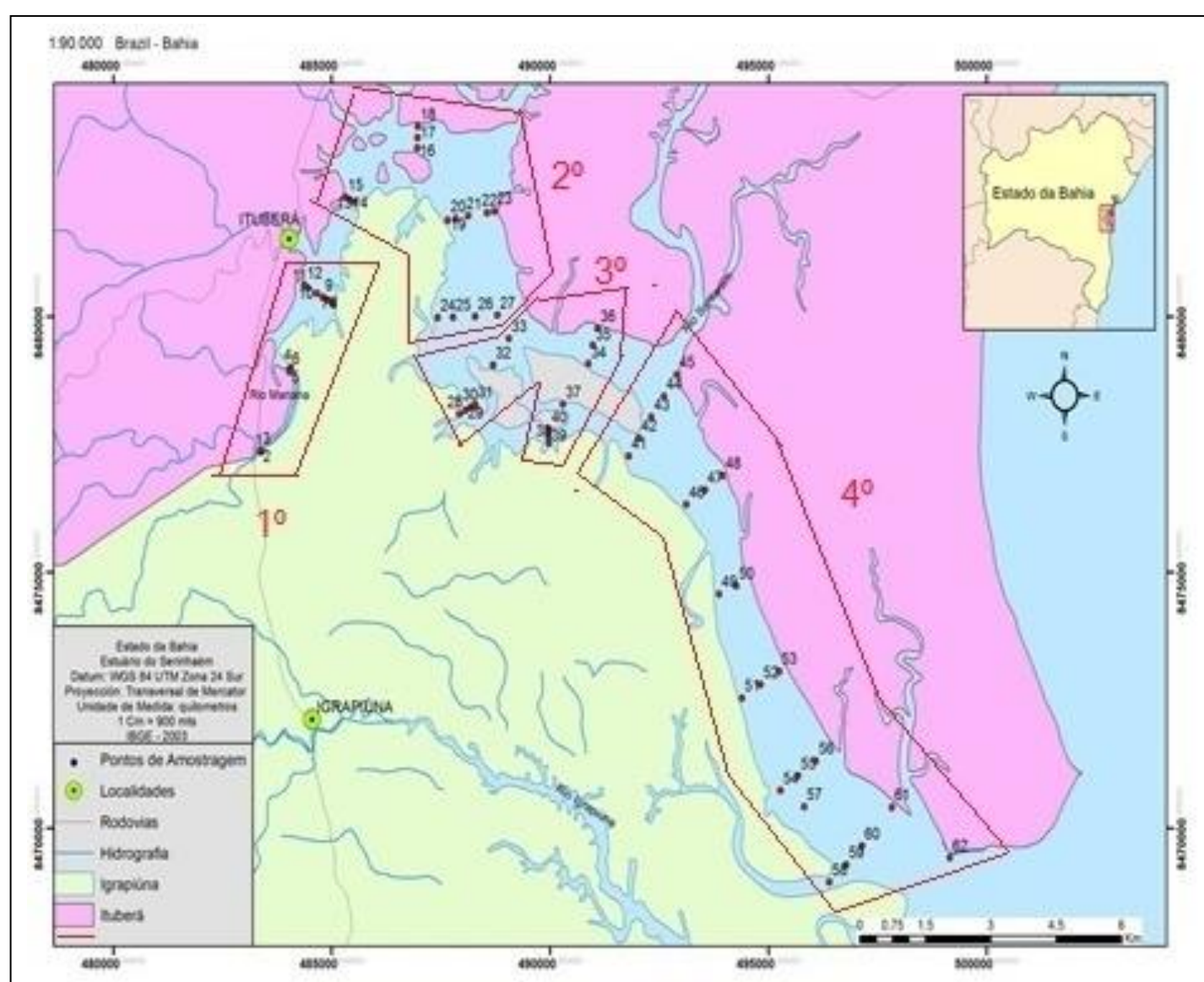
Para realizar uma análise da distribuição geoquímica nos sedimentos, foi necessário fazer uma comparação das concentrações de cada um dos elementos químicos estudados, com a distribuição espacial das frações granulométricas. Como se pode observar na tabela 8, os elementos apresentam pontos de concentrações máximas e mínimas abaixo dos valores estabelecidos pela resolução CONAMA 344/2004 e estão em zonas do estuário associadas a fração lama, o que se pode perceber comparando os perfis de distribuição de elementos químicos com o mapa de distribuição da fração lama por Santos (2015).

Tabela 8: Concentração dos elementos químicos em sedimentos do estuário do rio Serinhaém BA—Brasil, com destaque para os valores máximos, mínimos LQM e CONAMA 344/2004.

	Elementos Químicos/mgkg ⁻¹					
	Mín	Ponto	Max	Ponto	LQM	CONAMA 344/2004
Alumínio	10	106	280	17	245	-
Barro	13	24 e 43	328	113	0,18	-
Cromo	0,1	42,62, 116 e 137	7,13	18	0,04	82
Manganês	0,43	43	5,13	13	0,17	-
Zinco	0,16	42	1,13	60	0,15	150
Vanádio	0,22	117	0,58	1	0,22	-
Ferro	1306	75	256	2	1,33	-

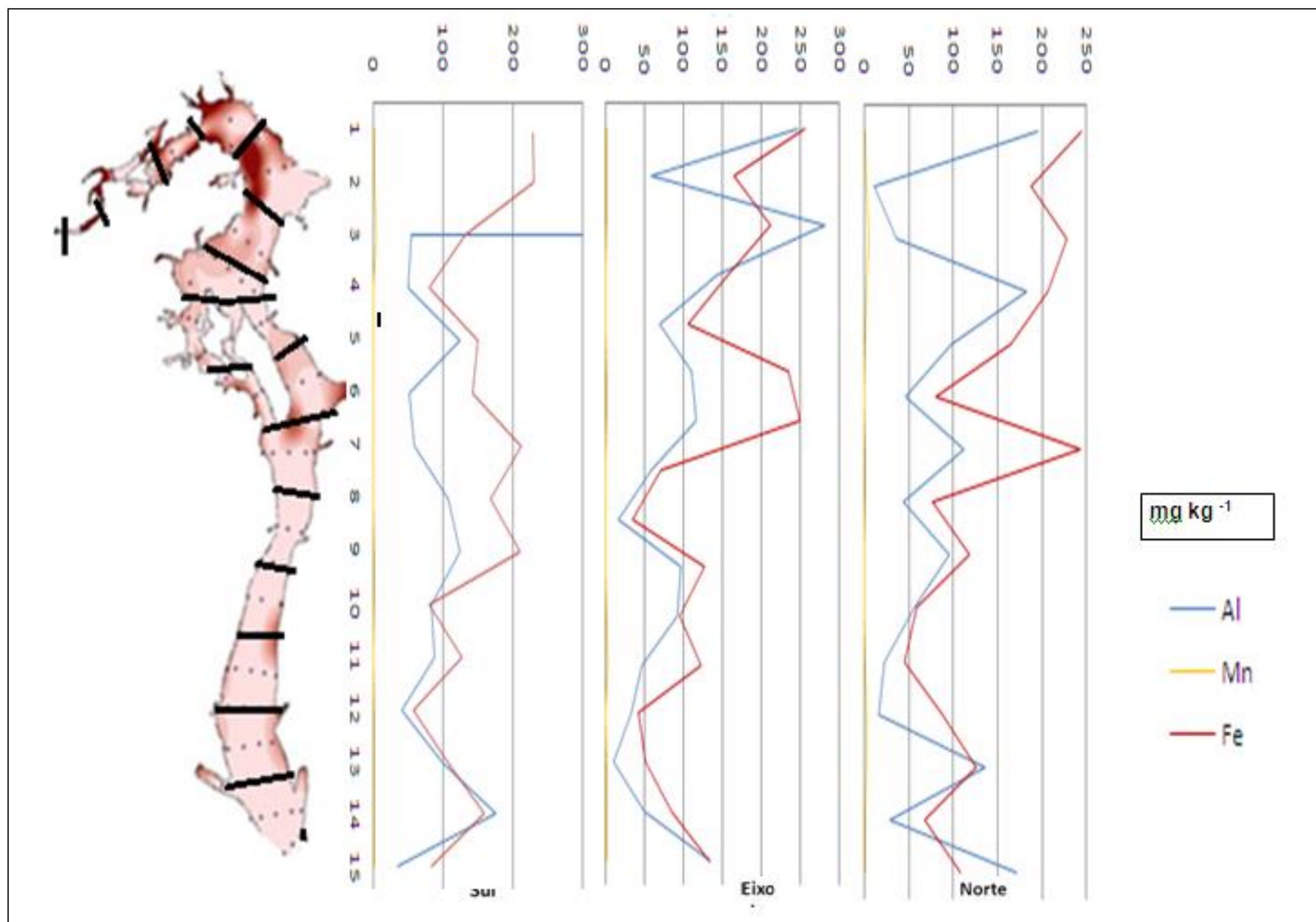
Para melhor compreensão e distribuição dos elementos químicos o estuário do Serinhaém foi dividido em segmentos, permitindo assim uma melhor distribuição dos pontos e sedimentos como pode ser visto na (figura 22).

Figura 22: Mapa de distribuição dos pontos e segmentos de coleta.



A fração lama (Figuras 23 e 24), não está homogeneamente distribuída ao longo do estuário. Santos (2015) demonstra isso em sua Dissertação, indicando que a distribuição se faz de modo heterogêneo em função da energia das águas ao longo do estuário e do material disponível, proveniente dos afluentes e da Baía de Camamu, nesse caso trazido pelas correntes de maré. Esse aspecto é importante na análise da concentração de elementos químicos.

Figura 24: Distribuição da fração lama, comparada com a concentração dos elementos Al, Mn e Fe ao longo dos perfis do estuário do rio Serinhaém BA – Brasil ,2016.



A presença da fração lama no 1º segmento contribui para a predominância dos elementos químicos Fe, Al, Cr, V, Zn e Mn (Figura 14 A), pois a fração lamosa possui uma maior capacidade de reter elementos químicos, devido a sua maior superfície específica, favorecendo uma maior troca catiônica entre os íons dos argilominerais e metálicos, tornando-se, muitas vezes, o depositário final de elementos químicos (RESENDE et al., 2007).

Observa-se também que o 1º segmento caracteriza-se por uma quebra brusca de energia, com a entrada da cachoeira Pancada Grande diretamente sob o manguezal, o que favorece a deposição imediata de material denso, como parece ser o caso dos elementos químicos citados, a exceção do alumínio. Além dos aspectos anteriores, a presença dos manguezais e pequenas ilhas fluviais, ao longo do 1º segmento, contribui na retenção de sedimentos e conseqüentemente dos elementos químicos a eles associados.

O 2º segmento é marcado pela predominância de areia fina e média e um percentual mínimo de cascalho no centro do canal e nas bordas. O sedimento lamoso/arenoso concentra-se na borda sul, onde há predomínio da fração lama. Associada a lama observa-se a prevalência dos elementos Al e Fe.

O 3º segmento é marcado pela concentração da fração lama e areia fina. Em função da presença de grandes ilhas vegetadas no centro do estuário, a vegetação auxilia na fixação dos sedimentos, permitindo que muitos sedimentos fiquem retidos nessa região. Associada a esses sedimentos foi verificada a predominância dos elementos químicos Al, Fe e Mn (Figura 15 B).

No 4º segmento observou-se a presença de Ba e Mn. Ao longo desse segmento foram encontrados depósitos sedimentares, como bancos lamosos, e a presença de áreas de manguezais que se estendem pela margem sul até a foz do rio da Siriba, e formações de barras arenosas na foz do estuário em ambas as margens com predominância de areia fina e média no centro e na margem norte do canal estuarino (SANTOS, 2015). Sendo a Barra do Serinhaém na margem norte, e a Ponta do Contrato na margem sul, o limite onde o estuário encontra a baía de Camamu. Observa-se na distribuição dos perfis (Figura 14 A), que há um decréscimo das concentrações dos elementos químicos em direção à jusante, com exceção do elemento químico Ba, que tem seu pico de maior concentração junto à borda sul da saída do estuário.

Ao analisar as informações da CPRM – Serviço Geológico do Brasil (2003), sobre as rochas que compõem a bacia de drenagem do estuário do rio Serinhaém, compreende-se que os elementos químicos analisados são constituintes das rochas ígneo-metamórficas como charnockito, monzonito, sienito, e também de algumas sedimentares conglomeráticas e dolomíticas. Vale ressaltar que o estudo realizado envolve a digestão parcial das amostras de sedimentos do fundo do estuário, na sua fração lamosa, e que não houve análise direta de rochas ou minerais, sendo considerada a informação bibliográfica obtida.

A presença de altas concentrações de Al, Fe e Mn (Figura 15 B) nesse estuário não despertam preocupação, uma vez que compõem o depósito sedimentar dessa região e são majoritários na crosta terrestre. Já as altas concentrações de Ba podem ser explicadas pela presença desse elemento em monzonioritos e a presença de jazidas de barita no município de Camamu, que através da dinâmica de maré pode está sendo transportada para dentro do estuário do rio Serinhaém.

É importante destacar que este estuário tem como característica peculiar, a pouca interferência de atividades industriais, o predomínio de agricultura de familiar, e pelo menos duas concentrações urbanas maiores (Itubera e Igrapiuna) e está inserido na Área de Proteção Ambiental - APA Pratigi. Entretanto, nas regiões da média e alta bacia hidrográfica, na área de entorno da Cachoeira Pancada Grande, existem atividades ligadas à produção de borrachas e pneus, além de fazendas de produção em consórcios agrícolas de cacau com banana, e plantios de cravo, pimenta do reino e frutas exóticas (SOUZA, 2014).

Quando comparadas a outros estuários de, as concentrações de Al, Ba e Fe do Serinhaém estão acima daquelas encontradas nos estuários de Ilha do Cardoso, do rio Formoso e no estuário Qua Luc Há Long Bay, no Vietnam. Vale ressaltar que dentre as áreas comparadas, o estuário de Ilha do Cardoso, único comparável ao Serinhaém, é considerado por Semensatto et al. (2007): “umas das áreas mais bem conservadas da faixa costeira do país, devido a pouca interferência humana e por não estar localizada em grandes centros urbanos”. As diferenças entre eles, provavelmente, se devem as diferenças litológicas das suas bacias hidrográficas.

Os demais elementos analisados Mn, V e Zn, nos sedimentos superficiais do estuário do Serinhaém, apresentaram valores inferiores aos encontrados por outros autores em destaque na tabela 9.

Tabela 9 - Comparativo de estuários tropicais e temperados, destacando-se as áreas que possuem interferência humana e áreas com pouca interferência.

Estuários	Al		As		Ba		Co		Cr		Cu		Fe		Li		Mn		Ni		Pb		v		Zn			
	mg kg ⁻¹		mg kg ⁻¹		mg kg ⁻¹		mg kg ⁻¹		mg kg ⁻¹		mg kg ⁻¹		mg kg ⁻¹		mg kg ⁻¹		mg kg ⁻¹		mg kg ⁻¹		mg kg ⁻¹		mg kg ⁻¹		mg kg ⁻¹			
	Min	Máx	Min	Máx	Min	Máx	Min	Máx	Min	Máx	Min	Máx	Min	Máx	Min	Máx	Min	Máx	Min	Máx	Min	Máx	Min	Máx	Min	Máx		
Brasil																												
Estuário do Serinhaém	6.3	280	NQ	0.47	0.13	3.28	0.1	0.32	0.1	7.73	<LQ	0.18	13.0.6	256	<LQ	0.19	0.43	5.13	<LQ	11	<LQ	0.41	0.04	0.58	0.16	1.13		
^A Ilha de Cardoso (SP) ¹	0.11	1.62	-	-	-	-	4,4	47.3	<LQ	88,0	<LQ	27,2	0.15	2.26	-	-	11.2	320	-	-	-	-	2.1	57.3	5	50.4		
A Estuário de Santos (SP) ²	-	-	-	-	-	-	-	-	6.2	70	4.4	100	-	-	-	-	29	1561	-	-	-	-	-	-	15.5	957		
^A Estuário de São Vicente (SP) ²	-	-	-	-	-	-	-	-	1.7	40	0.68	23	-	-	-	-	7.9	458	-	-	-	-	-	-	7.4	65		
Estuário da Ilha de Vitória (ES) ³	41	122	-	-	-	-	-	-	35	280	5	660	16	150	-	-	61	3325	6	245	5	292	-	-	27	812		
^A Zona estuarina do Complexo Industrial Porto de Saupé (PE) ⁴	0.6	2,2	-	-	-	-	-	-	17	36	7	17	0.9	2	-	-	22	87	-	-	-	-	40	75	27	69		
^A Baía de Todos os Santos (BA) ⁵	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.4	5.3	-	-	-	-	-	-	0.7	28.6	1.7	9.5	-	-	4.7	31.8		
^A Estuário do rio São Francisco (SE) ⁶	7.03	35.02	-	-	-	-	-	-	7.64	46.26	3,46	238.47	4.03	26.28	-	-	-	-	3.07	23.74	<29,59	-	-	-	-	-		
^A Baía de Guanabara (RJ) ⁷	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	52.1	75	18.3	23.4	-	-	-	-	-	-	32.7	39.2	-	-	-	-		
^A Sistema Estuarino Lagunar do Roteiro ⁸	2,16	3,25	-	-	-	-	1.05	2.3	-	-	2.7	9	0.5303	0.9954	-	-	50	119	5.1	6.6	0.61	5.81	-	-	-	-		
^A Estuário do rio Formoso ⁹	0.07	0.23	2.4	20	0.00	0.00017	0.5	1.5	2.7	7.4	1.15	3.71	0.3675	21.807	3	8.54	13	61	1.1	3.2	2	7.9	9.9	27.7	7.6	32.4		
Internacional																												
^A Estuário do rio Guadiana (Península Ibérica) ¹⁰	-	-	1.1	81.8	58.9	385.6	0.3	23.7	1,0	49	0.8	69.6	-	-	-	-	-	-	0.7	41.6	1	40.1	-	-	3	311		
^A Estuário de Cua Luc Há Long Bay (Vietnam) ¹¹	0.72	7.48	4	26	-	-	2	16	11	103	5	53	0.68	3.83	-	-	22	427	10	38	8	77	-	-	25	157		
^B Estuario Bahía Blanca(Argentina) ¹²	-	-	-	-	-	-	-	-	7	13	10	25	-	-	-	-	-	-	9.9	-	4	17	-	-	7	38		
^B Estuário de Tees (Inglaterra) ¹³	-	-	-	-	-	-	16	56	36	577	25	262	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	65	777		
^B Laguna Madre (EUA) ¹⁴	0.5	4.14	-	-	155	757	-	-	<1,5	35,4	<0.60	18,5	0.07	1,7	-	-	9,7	150	-	-	-	-	<0.6	52.5	4.11	69.8		
^B Baía de Moreton (Austrália) recente ¹⁵	0.1	1.47	-	-	-	-	<1.2	11	2	24	<0.5	13	0.22	3.27	-	-	4	397	-	-	-	-	2	65	15	118		

¹Semensatto – JR et al., (2007); ²CETESB (2001); ³Jesus et al.,2004; ⁴ Marques et al.,2011; ⁵Onofre et al., 2007; ⁶Santos et al .,2015; ⁷ Borges et al.,2007; ⁸ Lopes., (2008) ⁹Silva et al., 2009; Delgado et al., (2007)¹⁰; Ho et al., (2013)¹¹; Botté et al.,(2009)¹²; Jones & Turki (1997)¹³; Sharma et al., (1999)¹⁴ Pedra & Cox (2002)¹⁵.

Estuários em áreas industriais, mineração ou portuária	
Estuários sem grandes interferências antrópicas	
Estuários em zonas tropicais	A
Estuários em zonas temperadas	B

7 CONCLUSÃO

- As concentrações médias de elementos químicos encontrados para os sedimentos do estuário do rio Serinhaém refletiram a contribuição de origem natural, mais que qualquer contribuição ínfima que seja, de atividades antrópicas que, de forma direta ou indireta, podem ter contribuído para a presença de elementos químicos nos sedimentos estudados. Aqui podem se incluídos aqueles abaixo do limite de quantificação, por uma questão de precaução;
- As concentrações Mínimas e Máximas encontradas para os elementos químicos analisados foram: Al, 10 mg kg⁻¹ ponto (106) e de 280 mg kg⁻¹ (ponto 17); As 0.00 mg kg⁻¹ pontos (2,8,15,16,18,62,75,84,87,93,95,100,124) e de 0.47 mg kg⁻¹ (ponto 40); Ba 13 mg kg⁻¹ nos (pontos 24 e 43) e de 3.28 mg kg⁻¹ no (ponto 113); Co de 0.1 mg kg⁻¹ no (ponto 75) de 0.32 mg kg⁻¹ no (ponto 18); Cr de 0.1 mg kg⁻¹ nos (pontos 42,62,116 e 137) e de 7.73 mg kg⁻¹ no (ponto 18); Pb de 0.00 mg kg⁻¹ nos (pontos 24,38,42,59,75,76,84) e de 0.41 mg kg⁻¹ no (ponto 58); Cu de 0.0 mg kg⁻¹ nos (pontos 42,75 e 95) e de 0.17 mg kg⁻¹ nos (pontos 17 e 9); Sn de 0.0 mg kg⁻¹ nos (pontos 1,7,14,15,16,24,31,32,38,39,41,42,48,49,50,51,57,59,60,61,62,72,74,75,76,83,84,85,86,87,93,94,95,99,100,105,106,107,114,115,117,123,124,127,137) e de 0.10 mg kg⁻¹ no (ponto 40); Fe de 13.06 mg kg⁻¹ e de 256 mg kg⁻¹ no (ponto 75); Li de 0.0 mg kg⁻¹ no (ponto 15,18,62,75,84, 95, 100,106,137) e de 0.19 mg kg⁻¹ no (ponto 113); Mn de 0.43 mg kg⁻¹ ponto (43) e de 5.13 mg kg⁻¹ (ponto 13); Ni de 0.00 mg kg⁻¹ no (ponto 23,30,32,38,40,41,42,48,49,59,60,61,72,73,74,75,76,83,84,85,86,87,93,94,95,99,105,113,114,117,123,125,127 e 137) e de 11.00 mg kg⁻¹ no (ponto 2); V de 0.04 mg kg⁻¹ no (ponto 75) e de 0.58 mg kg⁻¹ no (ponto 1); Zn de 0.16 mg kg⁻¹ no (ponto 42) e de 1.13 mg kg⁻¹ no (ponto 60).
- Dentre as concentrações quantificadas, verificou-se a pouca interferência humana nesse ambiente, visto que os valores encontrados para os elementos químicos Zn, Ba, Cr, Fe, Mn, Al e V, quando comparados à Resolução CONAMA 344/ 2004 e a resultados obtidos em outros estuários brasileiros e mundiais estão abaixo dos valores máximos estabelecidos pelo órgão regulamentador, e pelos estudos desenvolvidos nesses outros estuários;
- Vale destacar que as altas concentrações de Al, e Fe, são devidas a sua presença nas rochas que compõe a bacia de drenagem do estuário do rio Serinhaém;
- A presença do elemento Ba nos sedimentos analisados pode ter origem na das concentração de rochas e de jazimento próximo, neste caso provavelmente transportado pela dinâmica entre o estuário do rio Serinhaém e a Baía de Camamú onde, no município de mesmo nome, ocorrem jazidas de barita;
- Observando - se a distribuição da granulometria e a concentração de elementos químicos, foi constatado que próximo a jusante do estuário do rio Serinhaém, que devido a intensa quebra de energia, apresentou a maior concentração da fração lama / argila, e conseqüentemente a maior concentração dos elementos químicos, em especial Fe, Al e Mn, junto com a matéria orgânica nas áreas de manguezais, fazendo com que esses elementos se depositem próximo à montante;
- Diante dos resultados obtidos, pode-se concluir que o ambiente do estuário do rio Serinhaém se encontra em um estado de conservação relativamente bom, e que as atividades desenvolvidas ao longo da bacia hidrográfica não afetam a dinâmica do estuário, tornando-o um ambiente de referência para estudos futuros na região e provavelmente para estuários brasileiros.

8 REFERÊNCIAS

- ALLEONI, L. R. F.; BORBA, R. P. & CAMARGO, O. A. **Metais pesados: da cosmogênese aos solos**. 2005.729–737p.
- ALLOWAY, B.J., **Heavy metals in soils**. London, Blackie Academic. 1995. 368p.
- AZEVEDO, F. A.; CHASIN, A. A. M; **Metais: gerenciamento da toxicidade**. São Paulo: Editora Atheneu. 2003. 554 p.
- BAHIA. **Decreto N° 7.272, criação de área de proteção ambiental do Pratigi, municípios de Ituberá e Nilo Peçanha, 1998.**
- BAIRD, C; **Química Ambiental**. Porto Alegre, Bookman. 2002. 621 p.
- BIANCHINI, A; MARTINS, S. E; JORGE, M. B. **O Modelo do Ligante Biótico e suas Aplicações em Ecotoxicologia**. Julho, 2009, Disponível em: <<http://www.incta.furg.br/english/difusao/BLVM.pdf>>. Acesso em: 21 abr. 2012.
- BRASIL. **Resolução CONAMA 357 de 17 de março de 2005**. Dispõe sobre a classificação dos corpos d'água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Brasília, DF: Diário Oficial da União. 2011; n. 53, seção 1, p. 58-63.
- CAMERON, W. M. & D. W. PRITCHARD; **Estuaries**. In: Hill, M.N. ed. The sea, Vol. 2. New York, John Wiley & Sons, 1963, p.306-324.
- CANCINO, L., NEVES, R; **Hydrodynamic and sediment suspension**. 1999. p. 105-116.
- CHESTER, R; **Marine Geochemistry**. Unwin Hyman.London, 1993.
- CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº344 de 25 de março de 2004. **O Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA, no uso de suas competências previstas na Lei 6.938 regulamentada no decreto 99.274, de 6 de julho de 1980.**
- COOPER, D. C.; MORSE, J. W., J. Extractability of metal sulfide minerals in acidic solutions: Application to environmental studies of trace metal contamination within anoxic sediments. **Environ. Sci. Technol.** v. 32, p.1076-1078, fev. 1998.
- CORREA-GOMES, L. C.; DOMINGUEZ, J. M. L; BARBOSA, J. S. F.; SILVA, I. C. da. (2005). Padrões de orientações dos campos de tensão, estruturas, herança do embasamento e evolução tectônica das Bacias de Camamu e porção Sul do Recôncavo, Costa do Dendê, Bahia, Brasil. **Revista Brasileira de Geociências**, 25(4): 34-45.
- COUCEIRO, M. A. A.; SCHETTINI, C. A. F. **Estudo da Dinâmica dos sedimentos em suspensão do Estuário do Rio Araranguá (SC): Possíveis efeitos da drenagem ácida da atividade de mineração de carvão**. Geociências. (São Paulo), , vol.29, no.2, p.251-266,2010.
- CPRM - COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS. 2003. Disponível em: <http://www.cprm.com.br/paginas/ocue_geocimica.php>. Acesso em: 02 abr. 2016.
- DYER, K. R; **Sediment Transport Processes**. In: PERILLO, G. M. E. (ed). **Geomorphology and Sedimentology of Estuaries**. Amsterdam: Elsevier, 1995, p. 423-449.
- DYER, K. R; **Estuaries: a physical introduction**. 2 ed. New York, John Wiley and Sons. 1997. 195 p.
- DYER, K. R. The salt balance in stratified estuaries. **Estuar. coast. mar. Sci.**, v. 2, p. 273-281, 1973.
- EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2 ed. 2003.
- ENVIRONMENT CANADÁ. **Canadian Sediment Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life**. Summary Tables, 2001. Disponível em: <<http://www.ec.gc.ca>>. Acesso em: 17 abr. 2015.
- FAIRBRIDGE, R. W. **The estuary: is definition and geodynamic cycle**. In: OLAUSSUN, E. & CATO, I (Eds.) **Chemistry and Biogeochemistry of Estuaries**. New York, John Wiley and Sons; p. 1-35, 1980.
- FORTUNATO, J. M.; HYPOLITO, R.; MOURA, C. L.; NASCIMENTO, S. C. Caracterização da contaminação por metais pesados em áreas de manguezal, município de Santos (sp). **Revista do Instituto Geológico**. vol. 33 (1), 57-69, 2012.
- GENZ, F. **Avaliação dos efeitos da Barragem Pedra do Cavalo sobre a circulação estuarina do Rio Paraguaçu e Baía do Iguaçu**. (Tese de Doutorado) Instituto de Geociências. UFBA. 245p. 2006.
- BRASIL. **GLOSSÁRIO GEOLÓGICO/IBGE**. Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. Rio de Janeiro: IBGE, 2015.
- GONÇALVES, Rafaela Sousa. **História Ambiental da APA do Pratigi - BAHIA** (Dissertação de Mestrado) 2014, p. 125-130.
- GUERRA, A. J. T. & CUNHA, S. B. da (Org). **Geomorfologia Fluvial - Uma atualização de bases e conceitos**. 6 ed. Rio de Janeiro: Ed. Bertrand Brasil. 2005.

HO, H. H.; SWENNEN, R.; CAPPUNNS, V.; VASSILIEVA, E.; NEYENS, G.; RAJABALI, M.; TRAN, T. V. Geogene Versus Anthropogenic Origin of Trace Metals in Sediments in Qua Luc Estuary and Ha Long Bay, Vietnam. *Estuaries and Coasts*. Vol. 36: 203-219, 2013.

HU, B.; CUI, R.; LI, J.; WEI, H.; ZHAO, J.; BAI, F.; SONG, W.; DING, X. Occurrence and distribution of heavy metals in surface sediments of the Changhua River Estuary and adjacent shelf (Hainan Island). *Marine Pollution Bulletin*. Vol. 76: 400-405, 2013.

ICP-OES and ICP-MS Detection Limit Guidance. 2014. Disponível em: <www.eag.com/.../icp-oes-ms-detection-limit-guidance>. Acesso em: 15 abr. 2014.

LACERDA, D. L.; SOLOMONS, W. **Mercury from Gold and Silver Mining: A Chemical Time Bomb**, Springer-Verlag: Berlin, 1997.

LACERDA, L. D. **Projeto INCT – TMCOCEAN**. 2009. Disponível em: <<http://www.inct-tmcocean.com.br/zonacosteira.html>>. Acesso em: 13 abr. 2016.

LOITZENBAUER, E.; MENDES, C. A. B. **A dinâmica da salinidade como uma ferramenta para a gestão integrada de recursos hídricos na zona costeira: uma aplicação à realidade brasileira**. Revista da Gestão Costeira Integrada. p. 233-245, 2011.

MARQUES, J. S. J.; RANGEL, T. P.; BRITO, F. P.; ALMEIDA, M. G.; SALOMÃO, M. S. M. B. Geoquímica de Metais em Sedimentos da Zona Estuarina do Complexo Industrial Porto de Suape, PE – Brasil. *Revista da Gestão Costeira Integrada*, p. 379-387, 2010.

MATOS, A. T.; FONTES, M. P. F.; COSTA, L. M.; MARTINEZ, M. A. Mobility of heavy metals as related to soil chemical and mineralogical characteristics of brazilian soils. *Environ. Pollution*. v. 111, p. 429-435. fev. 2001.

MENDES, A. B. **The dynamics of salinity as a tool for integrated water resources management in the coastal zone: an application to Brazilian reality** Ester Loitzenbauer, p. 52-62, 2012.

BRASIL. MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO AGRÁRIO - MDA. **Plano de Desenvolvimento Territorial Sustentável - Baixo Sul. Bahia**. 2010.

MIRANDA et al. **Morfologia e distribuição sedimentar em um sistema estuarino tropical**. Baía de Vitória, ES, 2009.

MIRANDA, L. B.; CASTRO, B. M. & KJERFVE, B; **Princípios de oceanografia física de estuários**. EDUSP, São Paul. 417 p. 2002.

MMA - MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Gerenciamento costeiro, a zona costeira e seus múltiplos usos**. 2015. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/gestao territorial/gerenciamento-costeiro/a-zona-costeira-e-seus-multiplos-usos>>. Acesso em 24 nov. 2014.

MMA – MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Plano de Manejo da APA do Pratigi, Encarte I. Diagnóstico Ambiental. Ituberá – BA**. 2005. Disponível em: http://www.inemaba.gov.br/wpcontent/uploads/2011/09/PM_APA_Pratigi_Encarte-I.pdf. Acesso em 08/01/2015.

MOZETO, A. A. **Manejo da qualidade da água e da dinâmica do sedimento e do particulado da represa do Guarapiranga e do rio Grande**. RMSP, UFSCAR. São Carlos, 1996. (Projeto RHAE).

NORONHA, T. J. M.; SILVA, H. K. P. da; DUARTE, M. M. M. B. Avaliação das concentrações de metais pesados em sedimentos do Estuário do rio Timbó, Pernambuco, Brasil. *Arq. Ciênc. Mar*, Fortaleza, 2011.

OCT - ORGANIZAÇÃO DE CONSERVAÇÃO DA TERRA. 2012, Disponível em: <<http://www.oct.org.br/>>. Acesso em 09/ 12/2014.

PEREIRA, M. D.; SIEGLE, E.; MIRANDA, L. B.; SCHETTINI, C. A. F. Hidrodinâmica e transporte de material particulado em suspensão sazonal em um estuário dominado por maré: Estuário de Caravelas (BA). *Revista Brasileira de Geofísica*, v. 28, p.427-444, 2007.

PERILLO, G. M. E; **Geomorphology and sedimentology of estuaries**. Elsevier, Amsterdam. 471 p. 1995.

POE – **Plano de Ordenamento dos estuários**. Conselho Nacional de água. 2012. p. 29-39.

PRITCHARD, D. W; **What is an Estuary**. Physical View Point. In: LAUFF, G.H. (eds). *Estuaries*. Washington, American Association for Advance of Science, p.3-5, 1967.

RESENDE, C. E.; LACERDA, L. D.; OVALLE, A. R. C.; SILVA, L. F. F. Dial organic carbon fluctuations in a mangrove tidal creek in Sepetiba bay, Southeast Brazil. *Braz J. Biol*. v. 67, p. 673-680. nov. 2007.

ROCHA, J. C.; ROSA, A. H.; CARDOSO, A. A. **Introdução à química ambiental**. São Paul: Bockman, 2004. 201 p.

ROCHA, R. B. et.al. **Caracterização Sócio-Ambiental da Área de Proteção Ambiental do Pratigi**. UESC/IFV/OCT. 39 p. 2010.

RODRIGUES, S. A. **O Manguezal e a sua Fauna**. 2014. Disponível em: <<http://www.usp.br/cbm/artigos/mangue.ht.ml>>. Acesso em: 17 abr. 2014.

SALOMÃO, M. S. M. B.; MOLISANI, M. M.; OVALLE, A. R. C.; REZENDE, C. E.; LACERDA, L. D.; CARVALHO, C. E. V., **Hydrological Processes**. v. 15, p. 587-593. 2001.

SALOMONS, W.; FORSTNER, V. **Metals in the hidrocycle**. Berlin: Springer- Verlag. 1984. 340 p.

SANTANA, R. G. **Modelagem da Salinidade do estuário do Serinhaém Bahia – Brasil**. Dissertação de Mestrado, 2016, p. 71-75.

SANTOS, J. M.; DOS SANTOS, L. O.; COSTA, J. A. S.; MENEZES, L. C. S.; HOLANDA, F. S. R.; BELLIN, I. C. **Caracterização Geoquímica Orgânica e Inorgânica de Sedimentos de Manguezais do Estuário São Francisco**. Sergipe. *Rev. Virtual Quím.* 2015, vol. 7 (6), 2139-2153, 2015.

SEVENSATTO-JR., D. L. **O sistema estuarino do delta do Rio São Francisco-SE: análise ambiental com base no estudo de foraminíferos e tecamebas**. Rio Claro, 205 p. (Tese) Doutorado em Geociências e Meio Ambiente, Instituto de Geociências e Meio Ambiente, Universidade Estadual Paulista, 2007.

SEGEL, F. R. **Environmental geochemistry of potentially toxic metals**. Springer, Verlag, Berlin, Germany, 2002.

SILVA SANTOS, Isaac da. **Modelagem do fundo do estuário do Serinhaém – Ba: Morfologia e Granulometria**, 2015.

SILVA, M. C. da. Estuários – Critérios Para Uma Classificação Ambiental. RBRH - **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**. v. 5, n.1, p. 25-35, 2000.

SILVEIRA, M. L. Z. **Extração Sequencial e Especificação Iônica de Zinco, Cobre e Cadmio em Latossolos Tratados com Biossólido**. 2002. 166 f. (Tese) Doutorado em Nutrição de Plantas – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

SOUZA, C. R. G. et al. **Quaternário do Brasil**. Associação Brasileira do Quaternário, pg 98, 2005.

STUART, L. et al. **Processes controlling metal transport and retention as metal-contaminated groundwaters efflux through estuarine sediments**. 2004.

SUGIJO, K. **Geologia do Quaternário e Mudanças Ambientais (Passado + Presente = Futuro?)**. 1.ed. São Paul: Paul's Editora. 1999. 366p.

SUPERINTENDÊNCIA DE ESTUDOS ECONÔMICOS E SOCIAIS DA BAHIA – SEI. **Impactos da Monocultura Sobre o Ambiente Socioeconômico do Litoral Sul**. 2003. Salvador: SEI (Série Estudos e Pesquisas), 2003 p.

TAVARES, Sílvia Roberto de Lucena. **Remediação de Solos E Águas Contaminadas Por Metais Pesados - Conceitos Básicos & Fundamentos**. 2013.